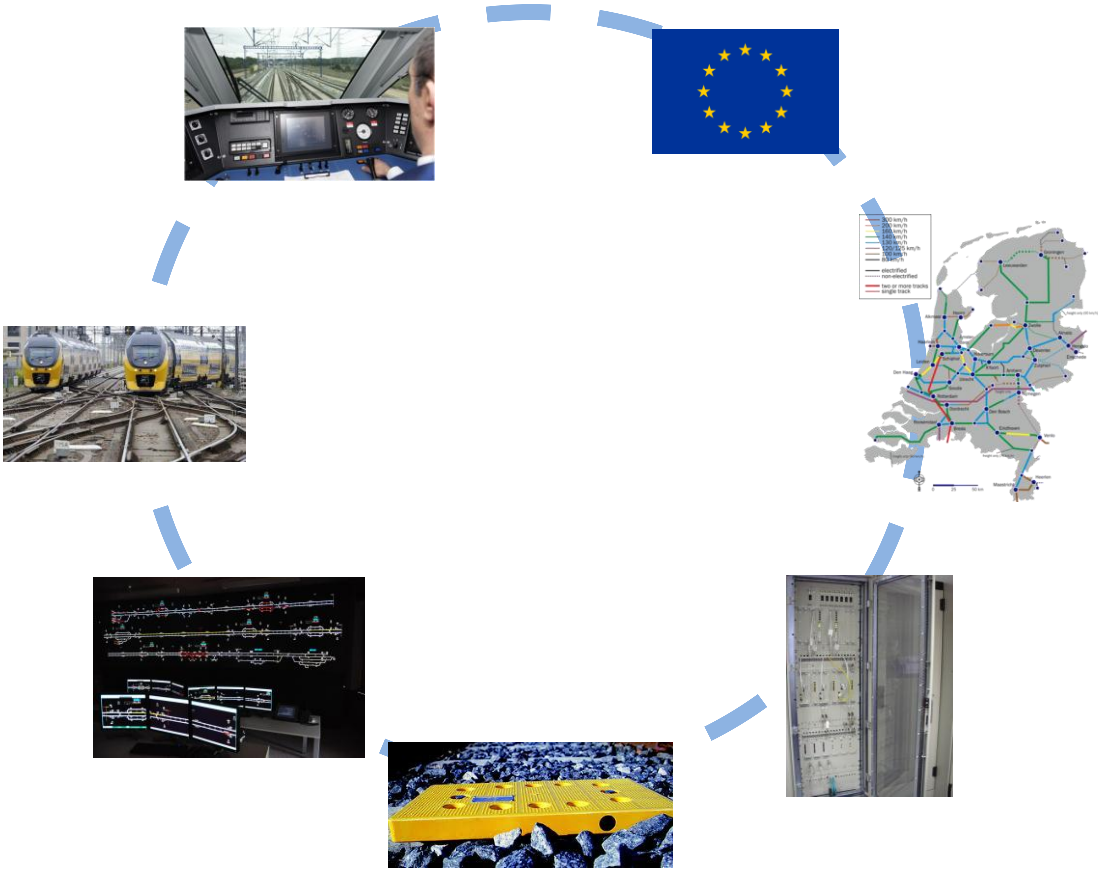
ERTMS Kennisboek versie 1.0



ProRail Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Het ERTMS Kennisboek bevat een selectie van de informatie die van belang is voor de totstandkoming van de Railmap ERTMS. Het ERTMS Kennisboek is gezamenlijk tot stand gekomen met de Railmap-partijen (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, ProRail en NS) en bestaat zoveel mogelijk uit een feitelijke beschrijving van de huidige stand van zaken/kennis van deze partijen over de (on)mogelijkheden van ERTMS.

Het ERTMS Kennisboek is nadrukkelijk een groei-document. In de komende fase van de Railmap ERTMS zal het document verder worden aangevuld.

Het ERTMS Kennisboek bevat in principe geen standpunten en/of meningen over invoering of effecten van ERTMS. Er kunnen aan het ERTMS Kennisboek geen rechten worden ontleend.

Inhoud

1 oktober 2013

Inleiding /Leeswijzer

Dit is de eerste versie van het ERTMS kennisboek opgezet voor de ontwikkeling van de Railmap ERTMS. Het document bevat informatie over het gebruik van de ERTMS standaard voor beveiligingssysteem en de effecten daarvan op de verschillende doelen die in de Railmap 1.0 staan vermeld.

Het ERTMS Kennisboek bevat een selectie van de informatie die van belang is voor de totstandkoming van de Railmap ERTMS. Het ERTMS Kennisboek is gezamenlijk tot stand gekomen met de Railmap-partijen (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, ProRail en NS) en bestaat zoveel mogelijk uit een feitelijke beschrijving van de huidige stand van zaken/kennis van deze partijen over de (on)mogelijkheden van ERTMS.

Het ERTMS Kennisboek is nadrukkelijk een groei-document. In de komende fase van de Railmap ERTMS zal het document verder worden aangevuld.

Het ERTMS Kennisboek bevat in principe geen standpunten en/of meningen over invoering of effecten van ERTMS. Er kunnen aan het ERTMS Kennisboek geen rechten worden ontleend.

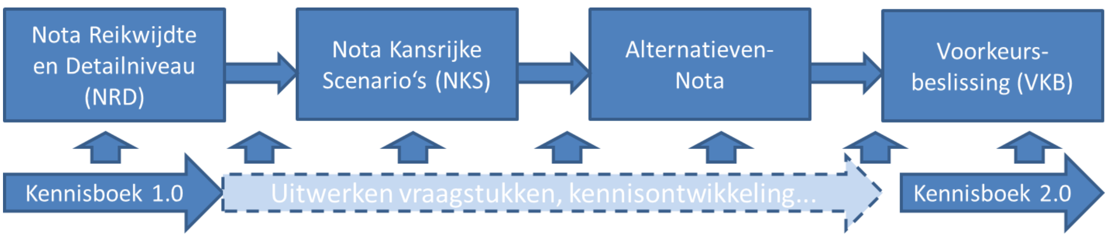
Het is mogelijk vragen en opmerkingen te maken of voorstellen te doen voor aanvullingen op het ERTMS Kennisboek op basis van kennis en ervaringen met ERTMS die zijn opgedaan gedurende (wetenschappelijke) studies en/of aanleg van ERTMS in diverse andere landen.

Plaats van het Kennisboek in de uitwerkingen voor Railmap 2.0 en de Voorkeursbeslissing

Het ERTMS Kennisboek 1.0 is ondersteunend aan het proces dat leidt tot een Voorkeursbeslissing voor invoering van ERTMS in Nederland.

In onderstaande afbeelding wordt het hoofdproces aangegeven. Dit proces vormt de basis om te komen tot een voorkeursbeslissing. In de Nota Reikwijdte en Detailniveau (NRD) wordt de scope en de mogelijke scenario's voor invoering bepaald. Tevens wordt daarin aangegeven op welke wijze en detailniveau de mogelijke scenario's uitgewerkt worden. De Nota Kansrijke Scenario's (NKS) doet verslag van dit onderzoek en komt met een beperkt aantal kansrijke scenario's. De Alternatieven-Nota doet verslag van het nadere onderzoek van de kansrijke scenario's waarop uiteindelijk een eventuele voorkeursbeslissing omtrent invoering van ERTMS in Nederland wordt genomen.

De technische uitgangspunten die in de NRD en NKS worden gehanteerd met betrekking tot ERTMS (bv de functionaliteit van de verschillende levels) is gebaseerd op de informatie vastgelegd in het ERTMS Kennisboek 1.0.



Structuur van het kennisboek

Het Kennisboek is opgebouwd uit twee delen, namelijk:

deel A bevat algemene informatie over ERTMS;

deel B bevat informatie die gerelateerd is aan de doelen van de Railmap.

De algemene beschrijvingen geven algemene achtergronden: wat is ERTMS en hoe werkt het.
Het tweede gedeelte gaat in op de doelen die staan beschreven de Railmap ERTMS versie 1.0 en de subdoelen die hierin een nadere invulling zijn. De secties gaan in op de subdoelen en hoe deze geoperationaliseerd kunnen worden. Per sectie in deel B is de volgende indeling aangehouden:

- De definitie van het criterium;
- Verschillen tussen de verschillende levels van ERTMS en ATB op dit aspect;
- Technische omschrijving van de verschillende levels op de performance (criterium);
- Voorwaarden per level om het beschreven effect te bereiken;

In onderstaande tabel zijn de doelen van de Railmap weergegeven. De subdoelen zijn een nadere onderverdeling om het doel te bereiken. In de laatste kolommen staat in welke sectie dit aspect terugkomt.

Railmap Doelen		Subdoelen	Nr.	Omschrijving sectie
1. Veiligheid				
	1.1	Verhogen veiligheid personeel en treinreiziger	1.a	Systeemkenmerken: veiligheid op de vrije baan en emplacementen
	1.2	Verhogen veiligheid omgeving	1.a	
	1.3	Verhogen veiligheid op overwegen	1.b	Mogelijkheden voor verhogen overwegveiligheid
	1.4	Verhogen veiligheid baanwerkers	1.c	Voorzieningen voor veiligheid baanwerkers
	1.5	Realiseren hoog niveau van security	1.d	Security van systemen
2. Interoperabiliteit				
	2.1	TEN lijnen uitgevoerd met ERTMS	2.a	Interoperabiliteit en overzicht lijncategorie'n in NL
	2.2	Toekomstige aanpassing TEN lijnen	2.a	
	2.3	Goederenroutes uitgevoerd met ERTMS	2.a	
	2.4	Lijnen van het HRN uitgevoerd met ERTMS	2.a	
	2.5	Regionale lijnen uitgevoerd met ERTMS	2.a	
	2.6	Grensbaanvakken uitgevoerd met ERTMS	2.b	Grensbaanvakken
3. Capaciteit				
	3.1	Verhogen van de theoretische maximale treinfrequentie	3.a	Capaciteit
	3.2	Reduceren van wachttijden bij kruisingen en stations	3.a	
	3.3	Realiseren van meer uniforme snelheid	3.a	
	3.4	Verhogen snelheid tot baanvakontwerp	3.a	
	3.5	Reduceren aantal en duur van buitendienststellingen	3.b	Onderhoudbaarheid infrastructuur
4. Snelheid				
	4.1	Verhogen maximale baanvaksnelheid tot 160km/h	4.a	Mogelijkheden tot snelheidsverhoging 160 km/h
5. Betrouwbaarheid				
	5.2	Verhoging betrouwbaarheid baangebonden systemen	5a	Betrouwbaarheid baangebonden systemen
	5.3	verhogen van de punctualiteit (uitvoering van de dienstregeling	3.a	Capaciteit

Kennisboek = Groeidocument

Het kennisboek is een document in ontwikkeling en verschillende onderwerpen zullen nog verdere worden uitgewerkt. Door middel van reacties en nader onderzoek kan eventueel ontbrekende kennis nader worden ingevuld.

Definities

Definitie	Omschrijving	Referentie
Besturing en bijsturing	**Besturing** Omdat de uitvoering van alle treindienstprocessen enige mate van spreiding heeft is de opdracht van de BESTURING om deze lichte afwijkingen van het plan weg te regelen. Voor de klanten (= reizigers en verladers) betekent dit dat wordt geleverd volgens (product)plan. **Bijsturing:** Onvoorziene omstandigheden kunnen de geplande treinbewegingen onbedoeld verstoren; deze verstoringen kunnen doorwerken in bewegingen van andere treinen. De opdracht van de BIJSTURING is om het (product)plan zodanig aan te passen dat een maximale klantwaarde geleverd kan worden.	Sectie A.c.
Beschikbaarheid, Betrouwbaarheid, Bedrijfszekerheid en Onderhoudbaarheid	**Betrouwbaarheid (bedrijfszekerheid)** De mate waarin een systeem daadwerkelijk functioneert gedurende de periode waarin het volgens het plan beschikbaar is voor gebruik. **Onderhoudbaarheid** De mate (tijd en kosten) waarin een systeem kan worden onderhouden, dit omvat zowel gepland onderhoud (ook wel preventief onderhoud) als niet gepland onderhoud (correctief onderhoud). Tijd van het onderhoud heeft betrekking op niet uitlopen van gepland onderhoud en tijd nodig is om een storing te herstellen bij niet gepland onderhoud. **Beschikbaarheid en bedrijfszekerheid** De mate waarin een systeem beschikbaar is voor het rijden van treinen.	Sectie 3.b.
Treinbeveiligingssystemen	**Treinbeveiligingssystemen** zijn systemen die er voor zorgen dat treinen veilig kunnen rijden. De systemen voorkomen dat treinen in botsing komen met andere treinen, vaste objecten of kruisend (weg)verkeer en harder kunnen rijden dan de veilige snelheid op het betreffende baanvak.	Sectie A.a
Systeemintegratie	**Systeemintegratie** zijn de activiteiten en processen die tot doel hebben tot een technisch en operationeel geïntegreerd werkend systeem te komen dat gaat voldoen aan de verwachtingen. Systeemintegratie richt zich op de coördinatie van de technische activiteiten tijdens de ontwikkeling en uitvoeringsfase. Een voorbeeld van een systeemintegratieproces is configuratiemanagement, een proces waarmee wordt gewaarborgd dat soft- en hardware versie compatibel zijn. Systeemintegratie gaat over de technische activiteiten en niet over kosten maar heeft wel aan belangrijk raakvlak met zowel kosten als opleveringsdatum.	
Baan Trein Integratie (BTI)	**Baan Trein Integratie** betreft de activiteiten waarmee wordt beproefd in welke mate de ERTMS systemen van de baan (Infrastructuur) op de bedoelde wijze samenwerken met de ERTMS systemen van de trein,	Sectie A.e.2.
Gebruiksprocessen	**Gebruiksprocessen** betreft alle processen voor het rijden van treinen door o.a. machinist en treindienstleider en omvat activiteiten zoals het inleggen van tijdelijke Snelheids Beperkingen (TSB), werkgebieden etc..	
trdl	Treindienstleider	
mcn	Machinist	
ERTMS	European Rail Traffic Management System	
ETCS	European Train Control System	

EVC	Europeaan Vital Computer	
RBC	Radio Block Center	
Interlocking	De interlocking, ofwel de stations- en blokbeveiliging, garandeert dat een rijweg veilig is. Is de rijweg veilig, dan legt de interlocking de rijweg vast, waarna toestemming aan de trein wordt gegeven om te kunnen rijden.	
LEU	Lineside Electronic Unit	
ATB ATB EG ATB NG ATB VV	Automatische Treinbeïnvloeding Automatische Treinbeïnvloeding eerste generatie Automatische Treinbeïnvloeding nieuwe generatie Automatische Treinbeïnvloeding verbeterde versie	

Deel A
Algemene Beschrijving ERTMS

A.a.1 ERTMS levels, baseline en versies

Onderwerpen
Deze sectie beschrijft de aspecten ‘baseline’, versies en levels’ van ERTMS en legt een verband met het aspect ‘interoperabiliteit’. De implementatie van ERTMS vraagt om een aantal keuzes. Deze keuzes zijn bepalend voor de functionaliteit / ambitieniveau dat met ERTMS kan worden bereikt en zijn: • De baseline van de specificatie voor het ERTMS systeem: 2.3.0d of baseline 3 • Het ERTMS level: level 1, 2 of 3 Keuze van beide opties bepaalt ook de interoperabiliteit tussen de infra en het rollend materieel.

ERTMS uitgangspunten en systeemconcepten
ERTMS is de specificatie voor een interoperabel systeem voor treinbesturing en seingeving. Interoperabiliteit is gedefinieerd in EU richtlijn 2008/57/EC. Interoperabiliteit betekent dat veilig en ononderbroken treinverkeer, waarbij de voor de betrokken lijnen gespecificeerde prestaties worden geleverd, mogelijk is. De ERTMS specificaties zijn openbaar (zie: http://www.era.europa.eu/Core-Activities/ERTMS/Pages/Current-Legal-Reference.aspx) en leveranciers kunnen ERTMS systemen produceren en leveren. Dit in tegenstelling tot veel nationale systemen beveiligingssystemen waar de specificaties eigendom zijn van één leverancier en maar één leverancier de systemen kan leveren.

Wat is een ERTMS baseline, versie en level?
De ERTMS specificaties zijn openbaar en verschillende leveranciers kunnen ERTMS systemen produceren en leveren. Dit in tegenstelling tot veel nationale systemen beveiligingssystemen waar de specificaties eigendom zijn van één leverancier en maar één leverancier de systemen kan leveren. De set ERTMS specificaties bestaande uit functionele eisen, performance eisen en technische eisen, wordt een <u>baseline</u> genoemd. Een ERTMS baseline wordt aangeduid met een “X.Y” nummering, b.v. 3.0. Daarbij geldt dat X+1 backward compatibel is met X. Dat wil zeggen dat een trein met X+1 kan rijden op een infra X-1 enz.. Omgekeerd geldt dat niet: een trein X kan niet rijden op een infra X+1. De Y geeft aan dat de baseline is aangepast zonder consequenties voor de compatibiliteit. Trein en infra met dezelfde X zijn dus altijd compatibel, ongeacht de Y. De European Railway Agency (ERA) is de systeemautoriteit voor het vaststellen van de Baselines. De huidige baselines die in de TSI CCS zijn opgenomen, zijn: Baseline 2.0 en Baseline 3.0. “Versie 2.3.0d” is slechts de versie van één van de documenten (subset-026, System Requirement Specification) uit de set ERTMS specificaties. “versie 2.3.0.d” is synoniem voor Baseline 2.0. ERA steekt op dit moment geen effort meer in het onderhouden van Baseline 2.0. De toekomstige ontwikkelingen zoals GPRS voor ERTMS zullen worden verwerkt in de opvolger van Baseline 3.0 De ERTMS systeemversie heeft een puur technische achtergrond en wordt door de trein gebruikt om de compatibiliteit met een specifieke infra vast te stellen. ERTMS kent een aantal applicatie vormen waaronder de levels (1, 2 en 3). Deze zijn in alle baselines opgenomen. De drie level zijn hieronder in meer details beschreven. **Uitgangspunten m.b.t. ERTMS levels/ versies** 1. De compatibiliteit tussen baan en trein is alleen gewaarborgd als de versie van de trein minimaal gelijk of hoger is aan die van de baan. 2. Een trein die volledig conform de Europese ERTMS specificaties is uitgerust, kan op alle levels rijden.

Verschillen tussen de levels ERTMS

Inleiding

ERTMS kent een aantal systeemconcepten. Deze zijn omschreven in een aantal levels: Level 1, Level 2 en Level 3. Hieronder zijn op hoofdlijnen de overeenkomsten en verschillen tussen deze systeemconcepten.

Level 1 is een systeem met discontinu informatieoverdracht van baan naar trein waarbij de informatie wordt afgeleid van de lokale seinbeelden of interlocking informatie en vertaald wordt naar een bericht voor de Eurobalise die bij dat sein hoort. De trein brengt geen informatie over naar het walsysteem. Level 1 is uitsluitend een *trein protectie* systeem.

Level 2 verschilt van level 1 doordat de er een continue informatieoverdracht is tussen baan en trein. Daarbij stuurt de trein (in tegenstelling dan bij L1) ook informatie terug naar de baan over o.a. de exacte locatie en snelheid van de trein. ERTMS L2 biedt daarom naast een *trein protectie* systeem en beïnvloedingssysteem ook input ten behoeve van een *traffic management* systeem. De informatie wordt overgedragen via GSM-R. Aan de baanzijde bevindt zich een Radio Block Center (RBC) dat de bron en ontvanger is van deze informatie. Het RBC krijgt van de Interlocking de informatie die nodig is om een trein een autorisatie te geven.

Level 3 lijkt in veel opzichten op level 2. Het enige verschil is dat bij level 3 er geen baangebonden treindetectiesysteem nodig is waaraan de interlocking locatie van treinen op de infra herleidt. In plaats daarvan gebruikt het RBC / interlocking de positie-informatie van de trein die het via de RBC ontvangt. Aangezien deze informatie is gebaseerd op de positie “van de neus van de trein”, vereist dit concept dat er door de trein, naast de lengte van de trein, een garantie wordt gegeven t.a.v. de compleetheid van de trein (m.a.w.: is er onderweg niet een treindeel achtergebleven): de zogenaamde treinintegriteit.

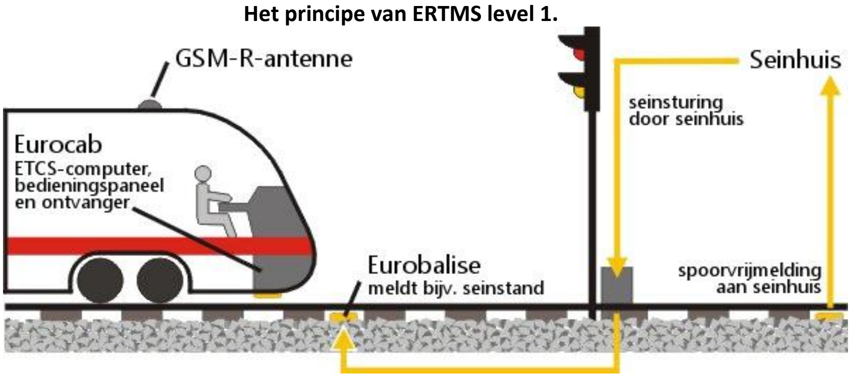
In de volgende paragrafen worden deze twee concepten en hun eigenschappen m.b.t. de gebruikswaarden nader uitgeschreven.

Gedetailleerde beschrijving ERTMS systeemconcepten (levels)

ERTMS level 1

ERTMS level 1 is de ERTMS variant waarbij de Movement Authorities discontinu (met Eurobalises) worden overgebracht naar de trein. Deze Eurobalises sturen vanuit het spoor digitale berichten naar passerende treinen. De ETCS-treinapparatuur in de treincabine ontvangt, verwerkt en toont de benodigde informatie aan de machinist op een beeldscherm. Tevens herijkt de ETCS apparatuur op basis van de locaties van de balises de positie van de trein. De bestaande seinen langs de baan blijven staan omdat door de discontinu informatie overdracht, de ERTMS informatie in de cabine niet altijd actueel hoeft te zijn. Langs de baan (of in het geval van een emplacement in een relaishuis) worden zgn. Lineside Electronic Unit (LEU) geplaatst die de spanning inleest waarmee de seinen worden aangestuurd (groen, geel, rood) en dat wordt vertaald naar digitale berichten die via een kabel worden doorgegeven aan de Eurobalises. Alleen materieel dat is voorzien van ETCS-systemen kan gebruik maken van infrastructuur waar ERTMS-only systemen worden toegepast. ERTMS level 1 is functioneel geheel vergelijkbaar met ATB-NG. In beginsel wordt de ERTMS informatie alleen ter hoogte van het sein overgedragen van baan naar trein. Hierbij wordt echter een slechte performance bereikt. Daarom wordt bij level 1 in praktijk **altijd** zogenaamde ‘infill’ toegepast: tussen 2 seinen in wordt ERTMS informatie van baan naar trein toegevoegd. Er zijn drie opties: 1) met balises, 2) met Euroloop en 3) met Radio infill.

Het principe van ERTMS level 1.



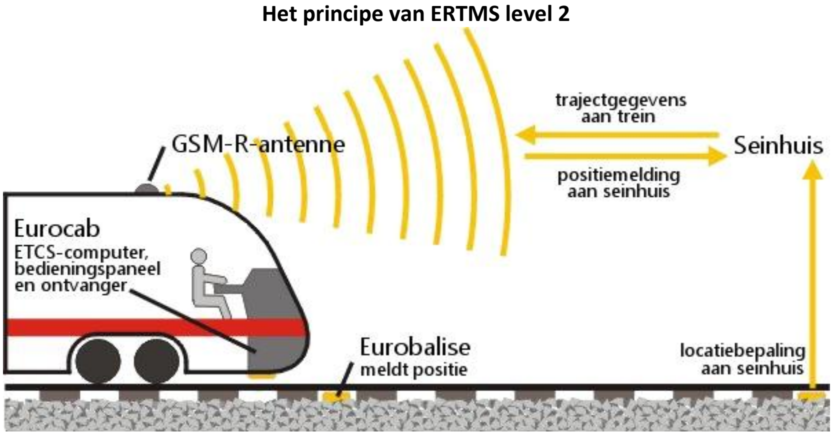
Samengevat level 1:

- Buitenseinen blijven gehandhaafd
- Baangebonden treindetectie blijft gehandhaafd, detectie is dus continu in tijd en discreet in locatie
- Trein krijgt informatie over “afstand/snelheid” waarover mag worden gereden via balises in de baan
- Balises worden aangestuurd (via een LEU) afhankelijk van de stand van de seinen.
- De trein die over het baken rijdt ontvangt de autorisatie

ERTMS level 2

ERTMS level 2 is de ERTMS variant waarbij de Movement Authority continu (via GSM-R) wordt overgebracht naar de trein. De balises in de baan worden gebruikt om de positie van de trein te herijken. Door de continue informatie overdracht is de informatie in de cabine altijd actueel en kunnen de buitenseinen vervallen. De rijautorisatie wordt centraal gegenereerd in een Radio Block Center (RBC). In tegenstelling tot L1, stuurt de trein informatie terug naar de baan over o.a. de exacte locatie en snelheid van de trein. Hierdoor heeft de baan actuele informatie voorhanden die kan worden gebruikt voor zowel beveiligingsfuncties als verkeersmanagementfuncties.
Alleen materieel dat is voorzien van ETCS-systemen kan gebruik maken van infrastructuur waar ERTMS-only systemen worden toegepast.

Het principe van ERTMS level 2



Samengevat level 2:

- Buitenseinen kunnen vervallen
- Baangebonden treindetectie blijft gehandhaafd, detectie is dus continu in tijd en discreet in locatie.
- Trein krijgt continu informatie over “afstand/snelheid” waarover mag worden gereden van het RBC (via GSM R)
- Balises zijn vergelijkbaar met “kilometer paaltjes” die de trein vertellen wat zijn exacte positie is.
- In Level 2 is een autorisatie gekoppeld aan een specifieke trein.

ERTMS level 3

ERTMS level 3 autoriseert op een zelfde wijze als level 2 maar gaat nog een stapje verder dan ERTMS level 2, omdat in de ERTMS positie informatie van de trein wordt gebruikt ter vervanging van de treindetectie systemen in de baan. Voor een schematisch beeld van de werking wordt verwezen naar de figuur voor level 2 die op de getoonde aspecten identiek is aan level 3.
Hierdoor kunnen treindetectiesystemen aan de baanzijde vervallen.

Samengevat level 3:

- Buitenseinen vervallen
- Baangebonden treindetectie kan vervallen, treindetectie is discontinu in tijd maar continu in locatie. Dit vereist een lengte-zekerheid van de trein. NB: baangebonden treindetectie kan worden gehandhaafd ten behoeve van de beschikbaarheid.
- Trein meldt continu zijn positie aan het RBC (via GSM R) die dat vertaalt naar “treindetectie informatie” aan de Interlocking
- Trein krijgt continu informatie over “afstand/snelheid” waarover mag worden gereden van het RBC (via GSM R)
- Balises zijn vergelijkbaar met “kilometer paaltjes” die de trein vertellen wat zijn exacte positie is

- "Moving block" is mogelijk, doch niet noodzakelijk
- In Level 3 is een autorisatie gekoppeld aan een specifieke trein.

Verschillen Baseline2.0 tussen Baseline 3.0

Baseline 3 heeft een aantal extra functies ten opzichte van Baseline 2, waaronder:

- Geharmoniseerd remcurvemodel
- Geharmoniseerde Driver Machine Interface
- Verbeterde "Start of Mission" (opstarten van trein)
- Extra functies om gestoorde overwegen te ondersteunen.

Daarnaast is in Baseline 3.0 een aantal technische correcties aangebracht t.o.v. Baseline 2 die de performance ten goede komen.

Impact keuzes op gebruiksprocessen [1]

ERTMS levels:

- Level 1 biedt enkel "treinprotectie" functionaliteit waarbij de communicatie "eenrichtingverkeer" is tussen baan en trein. De machinist rijdt primair op buitenseinen aangevuld met ERTMS cabineseinen.
  Defecte balises of gemiste balises worden door de trein opgemerkt en aan de machinist gemeld. Deze moet dit melden aan de treindienstleider die vervolgens de storingsorganisatie inschakelt. Defecte balises hebben in de meeste gevallen direct impact op de treindienst (remingrepen door ERTMS treinapparatuur).
- Level 2 biedt naast "treinprotectie" de basis voor "traffic management" omdat de communicatie tussen baan en trein in twee richtingen verloopt en de baan daardoor gedetailleerde up-to-date informatie over de trein heeft. De machinist rijdt volledig op cabineseingeving. De buitenseinen komen te vervallen.
  Storingen in balises worden automatisch door trein aan RBC gemeld en hebben meestal geen impact op de treindienst.
- Voor level 3 geldt hetzelfde als voor level 2 met als uitbreiding dat in level 3 de baangebonden treindetectiesystemen kunnen vervallen. In het geval van storingen waarbij de trein "kwijt raakt" of niet meer "integer" is, vereist dit aanvullende operationele processen om de treindienst weer aan de gang te krijgen.

2.3.0d vs. baseline 3:

- De versie van de baseline heeft geen principiële verschillen op de gebruiksprocessen. Een beperkt aantal functies is in baseline 3 verbeterd t.o.v. baseline 2.

ERTMS baseline versus level

- De keuze voor de ERTMS baseline heeft geen impact op de keuze voor het ERTMS level
- De keuze voor het ERTMS level heeft geen impact op de keuze voor de ERTMS baseline.

Afhankelijkheden met andere programma's en projecten

- De keuze voor ERTMS heeft impact op alle infra realisatie projecten, ongeacht het gekozen level.
- Een keuze voor L1 heeft weinig impact op andere programma's en ontwikkelingsprojecten.
- Een keuze voor L2 en L3 heeft impact op GSM-R.
- Indien gebruik wordt gemaakt van de mogelijkheden van Level 2 en level 3 dan heeft deze keuze impact op projecten met als scope de be- en bijsturing en beheer (OBI).

[1] Gebruiksprocessen betreft alle processen voor het rijden van treinen (dus incl. mcn en trdl) waar ERTMS bij betrokken is (incl. TSBs, werkgebieden etc..)

Onzekerheden
• Er is nog slechts beperkt ervaring met Level 3. Binnen Europa is alleen in Zweden een regionaal ERTMS baan in dienst die gebruikt maakt van L3 functionaliteit. Medio dit jaar is een Proof of Concept voor ERTMS L3 in Nederland uitgevoerd. Deze Proof of Concept heeft een open onderzoekskarakter. • Er is in Nederland nog geen praktijk ervaring met ERTMS op druk bereden baanvakken en complexe emplacementen.

Referenties	
[1]	Compendium on ERTMS, Edited by Peter Winter, 22 juni 2009, ISBN 978-3-7771-0396-9

A.a.2 ETCS treingebonden systemen

Omschrijving van de feiten

Trein en treinbeveiliging

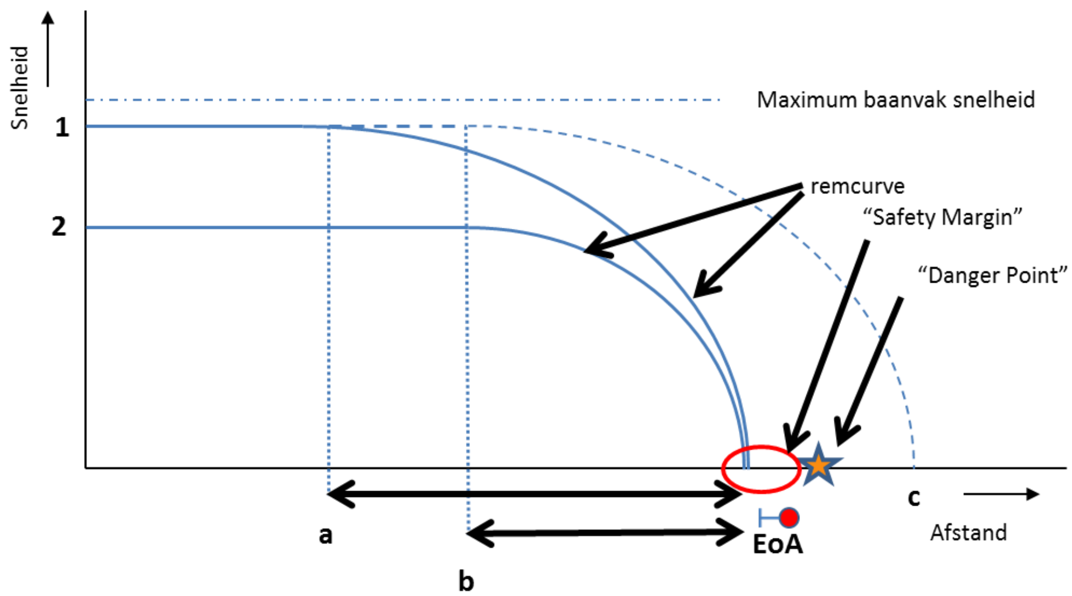
Systemen voor treinbeveiliging zijn in wezen niets anders dan methoden en middelen om te voorkomen dat treinen ontsporen of in botsing komen met andere treinen, vaste objecten of kruisend (weg)verkeer. In het treinverkeer geldt dan dat een trein de toegelaten maximum snelheid niet mag overschrijden en zo ver fysiek van een andere trein of object verwijderd blijft dat deze op tijd tot stilstand komt voordat een andere trein of object wordt geraakt. Het bepalen van deze veilige afstand kan worden gerealiseerd met technische middelen, met procedurele maatregelen of met een combinatie van beide. Technische middelen worden gevonden in de infrastructuur, in de trein of beide. Al naar gelang de mix tussen beide, ontstaan verschillende vormen van treinbeveiliging zoals ATB EG, ATB NG en ERTMS. Deze sectie behandelt het deel van het ERTMS beveiligingssysteem dat zich aan boord van de trein bevind in relatie tot de werking van het integrale systeem.

Om de veilige marge tussen de rijdende trein en obstakels en de toegelaten snelheid te handhaven, is informatie nodig over de positie, snelheid en richting van de trein in relatie tot die van andere treinen en objecten. Op basis van deze informatie kan berekend worden hoeveel ruimte een rijdende trein nodig heeft om tijdig tot stilstand te komen, mocht de situatie daarom vragen. Dat kan pas veilig als ook de positie, snelheid en rijrichting van de trein bekend is in relatie tot bijvoorbeeld de aanwezigheid en positie van wissels, stations of overwegen. Systemen voor treinbeveiliging kunnen zich tevens onderscheiden in de wijze waarop deze informatie wordt verkregen en toegepast.

Een ander aspect waarop systemen voor treinbeveiliging zich onderling onderscheiden, is in de bron voor deze informatie: geheel via de spoorweginfrastructuur, geheel via de trein of een tussenvorm daarvan. Hier wordt het deel van de treinbeveiligingsfunctionaliteit behandeld die zich aan boord van de trein bevindt.

In figuur 1 hieronder worden deze principes nogmaals maar dan in grafische vorm weergegeven.

Figuur 1 het principe van treinbeveiliging



Dat een trein mag rijden, krijgt hij toestemming een bepaald gedeelte van het spoor te berijden. Dat deel eindigt met een punt waar de trein tot stilstand moet komen. Dat wordt een 'autorisatie om te rijden' genoemd, die deel uitmaakt van een rijweginstelling. In ERTMS terminologie is de autorisatie een digitaal bericht aan de trein die *'Movement Authority'* of MA wordt genoemd. Het specificeert de totale afstand over een bepaald stuk spoor die een trein toegestaan is af te leggen en de bijbehorende maximale snelheid. Aan het eind van de rijweg of de MA moet de trein afremmen om tijdig tot stilstand te kunnen komen. Zo wordt voorkomen dat het *'Danger Point'* kan worden bereikt waarop zich mogelijk een botsing zou kunnen voordoen. Een kenmerkend onderscheid tussen ATB en ERTMS is dat

ATB de maximaal toegelaten snelheid bewaakt die geldt op het deel van het spoor waarover een trein zich beweegt. ERTMS bewaakt ook de maximaal toegestane snelheid tijdens het afremtraject van de trein conform de daarvoor gecalculeerde remcurve: dreigt de trein deze curve te overschrijden, dan activeert het ERTMS systeem tijdig het remsysteem.

De figuur laat zien dat de remweg van een trein langer is naarmate de snelheid hoger is. Om een trein toch tijdig tot stilstand te laten komen bij het daarvoor bestemde punt (een rood sein bij ATB en een zogenaamd *'End of Movement Authority'* of EoA bij ERTMS), moet een trein dus eerder beginnen te remmen naarmate zijn snelheid hoger is. In de figuur is dat punt *a* voor (snelle) trein *1* en punt *b* voor (langzamere) trein *2*. Zou trein *1* zijn remweg ook beginnen bij punt *b*, zou hij voorbij het kritisch punt schieten en tot stilstand komen bij punt *c*. Nu is een remweg nooit exact te bepalen en onder meer afhankelijk van de toestand van de trein en de infrastructuur. Daarom bevindt het rode sein of de EoA zich altijd op zekere afstand voor het werkelijke gevaar punt of '*Danger Point*' in ERTMS-terminologie. Het bepalen van de noodzakelijke ruimte tussen rood sein of EoA en het *'Danger point'*, de veiligheidsmarge in de remwegbepaling of *'Safety Margin'*, is afhankelijk van vele factoren.

Bij veel klassieke systemen wordt de veilige afstand tussen treinen bewaakt door de infrastructuur in te delen in vaste eenheden, 'blokken' genaamd. De lengte van de blokken correspondeert dan met de remprestatie van de slechts beremde trein die van de infra gebruik maakt. Dat maakt het systeem star en voorkomt dat treinen die een kortere remafstand nodig hebben, dichter op elkaar kunnen rijden. Een voordeel van ERTMS Level 2 en 3 is, dat de afstanden waarop treinen elkaar kunnen volgen, beter afhankelijk kunnen worden gemaakt van de remprestaties van de trein. ERTMS is daarom flexibeler dan voor klassieke systemen. De prestaties zijn echter niet alleen afhankelijk van ERTMS. Ook andere variabelen zoals de reactiesnelheid van de machinist en het remsysteem en de conditie van het remwerk en het spoor ervoor zorgen dat een trein tijdig tot stilstand komt.

ERTMS: Levels

Het Europese systeem voor treinbeveiliging ERTMS kent (in theorie) drie varianten die zich onderscheiden conform de in de vorige paragraaf beschreven principes. Typisch voor ERTMS is dat bij elk volgend level intelligentie (de besturing van het systeem) verschuift van baan naar trein. De levels 1, 2 en 3 van ERTMS onderscheiden zich als volgt (zie ook Sectie A.a.1 “Levels, baselines en versies”):

1. In Level 1 bepaalt de trein snelheid en rijrichting. De positie van de trein wordt bepaald door systemen in de infrastructuur ("treindetectie"). De rijweg en routeinformatie worden verstrekt door de infrastructuur aan de trein met behulp van bakens in het spoor en lichtseinen. Het boordsysteem bewaakt dat de trein het toegestane snelheidsprofiel niet overschrijdt. De bestaande indeling van het spoorwegnet in vaste blokken blijft gehandhaafd.
2. In Level 2 bepaalt de trein nog steeds snelheid en rijrichting en worden rijweg en routeinformatie verstrekt door de infrastructuur met behulp van radiocommunicatie. Bakens in het spoor geven de trein absolute positie informatie die de trein nodig heeft als referentie voor remcurvebewaking. De treindetectie wordt ook hier geborgd in de infrastructuur. Het boordsysteem bewaakt dat de trein het toegestane snelheidsprofiel niet overschrijdt. De indeling van het spoorwegnet in vaste blokken blijft gehandhaafd. Per treintype kan een ander aantal blokken worden gecombineerd tot een rijweg. De machinist ontleent de informatie die hij nodig heeft aan de bestuurdersconsole in de cabine, de "Driver machine Interface" of DMI;
3. In Level 3 bepaalt de trein naast snelheid en rijrichting ook de eigen positie en meldt die terug naar de baanzijde die deze verwerkt in het afgeven van MA’s. Het baan gebonden systeem voor treindetectie wordt daardoor overbodig. De rijweg en routeinformatie worden verstrekt door de infrastructuur met behulp van radiocommunicatie. Het systeem bewaakt dat de trein het toegestane snelheidsprofiel niet overschrijdt. Het spoorwegnet is niet langer ingedeeld in vaste blokken. De machinist richt zich uitsluitend op de informatie die hij verkrijgt via de DMI.

Inmiddels worden er ook tussenvormen ontwikkeld waarvoor soms het predicaat "Level 3" wordt gebruikt maar die in feite varianten zijn van Level 2 omdat men dan toch ook gebruik blijft maken van baangebonden treindetectiesystemen. Randvoorwaarden voor Level 3 is dat de trein de eigen positie bepaalt ("autolocalisatie"), en zelf kan vaststellen of de trein nergens gebroken is ("treinintegriteit"). Dergelijke systemen die de treinintegriteit bewaken zijn niet gespecificeerd door de European Rail Agency (ERA) zoals dat het geval is met de andere varianten. Er zijn dus geen Level 3 systemen beschikbaar of in ontwikkeling die voldoen aan de primaire eis van ERTMS: onderdeel van de TSI's en (dus) geratificeerd door de Europese Commissie.

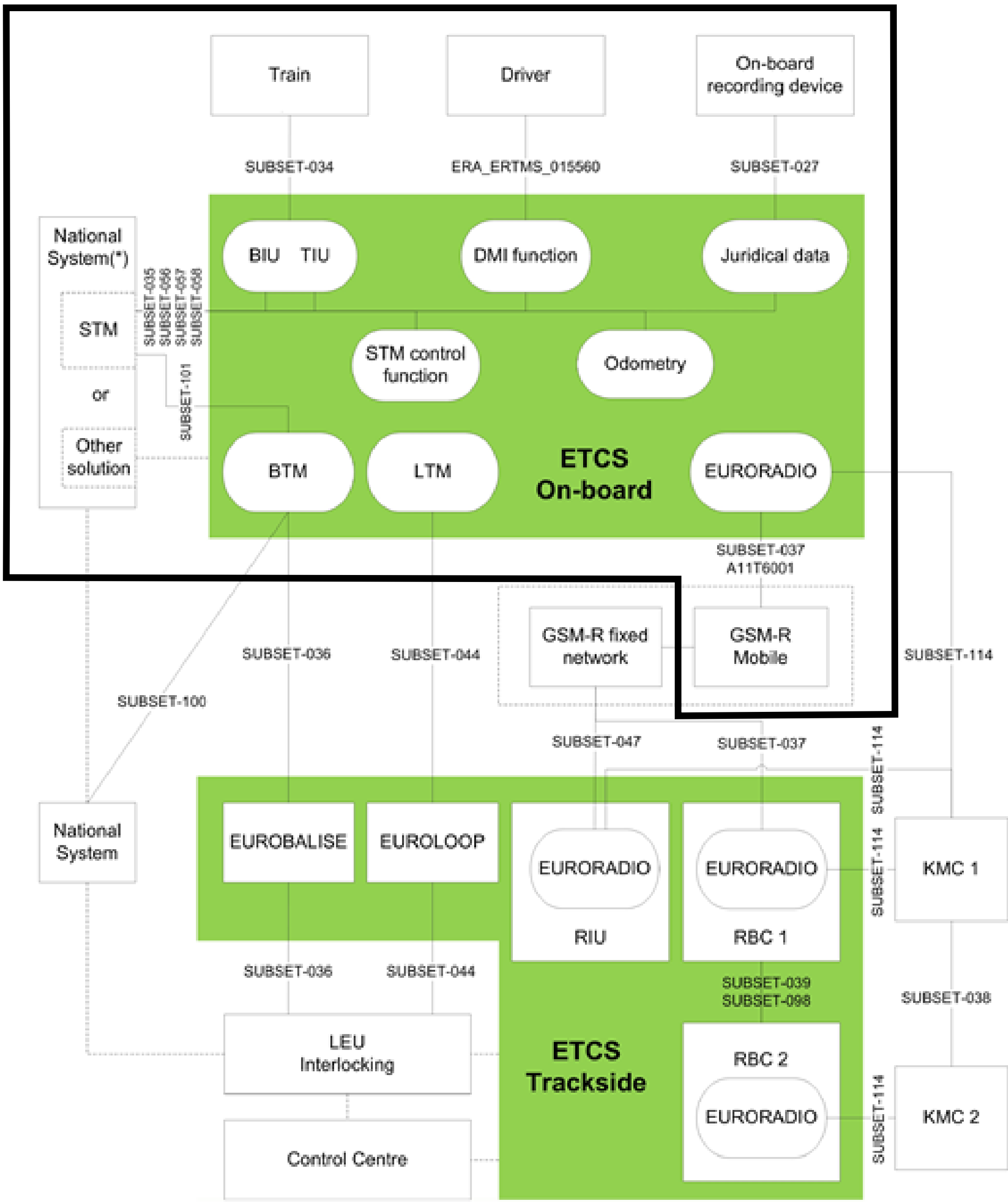
ERTMS: baselines
Moderne treinbeveiligingssystemen gebruiken complexe IT-platforms met software als belangrijkste component. Zoals ook Microsoft regelmatige nieuwe versies van het besturingssysteem Windows op de markt brengt met meer of betere en nieuwe functies, gebeurt dat ook met ERTMS software. En zoals computers na Windows XP en Windows 7 nu met Windows 8 worden aangeboden, evolueert ook ERTMS van baseline naar baseline. Baselines zijn met andere woorden het equivalent van nieuwe Windows versies. Momenteel wordt gewerkt met Baseline 2.3.0d en met baseline 3.
Eenieder die een computer met Windows heeft, wordt regelmatig verrast met nieuwe updates en upgrades. Die zijn nodig om mankementen en problemen die in de actuele versies zijn ontdekt, op te lossen en veiligheidslekken te dichten. Dat is met de ERTMS baselines niet anders en daarom kennen ook die upgrades en updates die worden gekenmerkt met een toevoeging achter het baselinenummer, bijvoorbeeld Baseline 2.3.0.d (momenteel bij de meeste vervoerders in gebruik). Zie voor meer informatie over baselines en de wijze waarop deze worden geïntroduceerd sectie A.a1 “ERTMS Levels, baseline en versies”.

ERTMS: systeemconfiguratie van de boordapparatuur
Het gedeelte van het gehele ERTMS systeem dat zich aan boord van een trein bevindt, wordt boordconfiguratie benoemd. Typisch gaat het dan om systemen die ook in andere treinen te vinden zijn en systemen die specifiek ten behoeve van ERTMS aan een trein toegevoegd worden. Feitelijk kan het gehele boordsysteem worden verdeeld in drie categorieën:

1. De "trein" oftewel alle boordsystemen van een willekeurige trein die met het ERTMS treinbeveiligingssysteem gekoppeld moeten worden:
    - Beveiligingssystemen waaronder ATB;
    - Remsystemen;
    - Deursystemen;
    - Communicatiesystemen;
    - Odometrie (systemen die plaats en snelheid van de trein vaststellen);
    - De mens – machine interface.
2. De centrale besturing van het ERTMS boordsysteem, de "European Vital Controller" of EVC, ook wel "Kernel" genoemd;
3. Perifere systemen van het ERTMS boordsysteem, de randapparatuur van ETCS zoals de DMI, de GSM-R datamodule, sensoren, antennes en dergelijke.

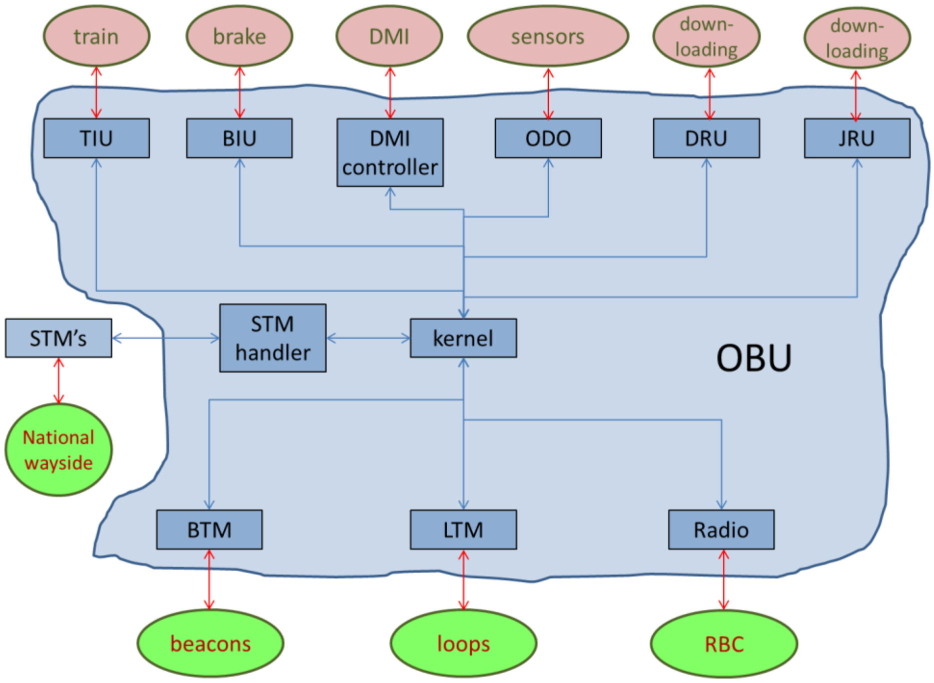
Eisen aan de ERTMS boordconfiguratie
In figuur 2 is het bouwwerk (architectuur) dat ERTMS heet, schematisch afgebeeld. De figuur is ontleend aan de Baseline 3 specificatie van ERA, de eigenaar van het eisenpakket waarin is beschreven hoe ERTMS moet werken. Hierin staat wat de verschillende onderdelen moeten doen en hoe ze onderling moeten communiceren. In het vak bovenaan en begrensd door de dikke zwarte lijn, is aangegeven wat tot de trein behoort en in het groene vlak daarbinnen welke onderdelen behoren tot de ERTMS boordconfiguratie. De figuur toont vooral de interactie tussen het boordsysteem en de omgeving oftewel het onderscheid tussen categorie 1 uit de voorgaande opsomming en de categorieën 2 en 3 die zich in het groene vlak bevinden.
De voorschriften ten aanzien van de interactie tussen de ERTMS boordconfiguratie en de omgeving is vastgelegd in onderdelen van de ERA baseline 3 specificatie die "subsets" worden genoemd. Deze interface specificaties zijn met de hun kenmerkende nummering in de figuur ingetekend. Sommige interface specificaties ontbreken, andere zijn van het type FIS ("Functional Interface Specification") en weer andere van het type FFFIS ("Form Fit Functional Interface Specification"). FIS specificaties beschrijven slechts functioneel hoe de koppeling tussen systemen moet worden gerealiseerd, FFFIS beschrijven dat tot op detailniveau. FFFIS interface specificaties zijn er specifiek voor bedoeld om *plug-and-play* uitwisselbaarheid van apparatuur van verschillende leveranciers mogelijk te maken.

Figuur 2 schematische weergave ERTMS systeem (baseline 3 specificaties)



Ten aanzien van de architectuur van het ERTMS boordsysteem binnen het bovenste groene blok van figuur 2 (ETCS on-board), is de illustratie op pagina 17 (figuur 3) van toepassing. Daarin is feitelijk hetzelfde te zien als in het groene vlak in bovenste deel van figuur 2 die afkomstig is uit Subset 26 van de Baseline 3 ERTMS specificatie van de European Rail Agency (ERA). Centraal staat de EVC of Kernel die via interfaces gekoppeld is aan andere treinsystemen (de roze elementen bovenaan) en aan baan gebonden systemen (de groen elementen links en onderaan) . Een bijzondere plaats neemt de STM in, het subsysteem dat de treinbeveiligingsfunctie van het bestaande (nationale) systeem voor treinbeveiliging heeft of overneemt. In Nederland is dat – met uitzondering van enkele regionale lijnen –ATB-EG. Een vergelijkbaar plaatje kan gemaakt worden voor het ATB systeem dat zich nu aan boord van treinen bevindt met dien verstande, dat enkele onderdelen ontbreken of anders ingevuld zijn.

Figuur 3 Architectuur ERTMS boordsysteem



De ERTMS boordconfiguratie verschilt niet wezenlijk in de levels 1, 2 of 3. En in Level 3 moeten de systemen ten behoeve van autolocalisatie de status van de treinintegriteit toevoegen in het bericht naar de wal. De interfacespecificaties van de systeemonderdelen die zijn gemarkeerd als de blauwe blokjes in het blauwe deel en die behoren tot de ERTMS boordconfiguratie (vaak ook On Board Unit of OBU genoemd), geldt hetzelfde als boven aangegeven voor de hele configuratie. Slechts een deel is als FFFIS in de ERTMS Baseline 3 specificatie opgenomen. Voor de interfaces waarvoor dat niet geldt, is de onderlinge uitwisselbaarheid tussen producten van verschillende leveranciers niet (zonder meer) mogelijk omdat deze mogelijk deels leverancier-specifiek zijn.

Nominaal bevat Subset 26 van de ERA Baseline 3 specificatie de functionele eisen aan de EVC, ook wel Kernel genoemd. In de praktijk beschrijft deze specificatie niet welke de functies van de Kernel moet vervullen noch is Subset 26 eenduidig over de verdeling van functies tussen de Kernel en de randapparatuur. Ook ontbreken functies. Deze specificatie is dus niet zodanig compleet of gedetailleerd dat deze voor iedere leverancier leidt tot exact dezelfde oplossing. Ook koppelen leveranciers soms de besturing van randapparatuur aan de centrale besturing waardoor menging van de intelligentie van de Kernel met die van randapparatuur optreedt. Iedere leverancier doet dat op andere wijze. Resultaat is dat:

1. de EVC's van verschillende leveranciers maar ook EVC's van verschillende versies en generaties van dezelfde leveranciers een verschillende functiecatalogus hebben waardoor deze niet onderling uitwisselbaar zijn.
2. Randapparatuur niet onderling uitwisselbaar is en de aanschaf van een bepaalde configuratie resulteert in een vendor-lock als een afnemer de apparatuur bij een bepaalde leverancier heeft gekocht.
3. Noodzakelijke aanpassingen van de software van één van de onderdelen soms (onverwachte) bijeffecten kan hebben op de (mogelijk veilige) werking van de andere systemen. De ervaring leert dat leveranciers bepaalde consequenties van aanpassingen niet altijd doorzien. Dat resulteren in veiligheids- en security risico's;
4. Wijzigingen in de keten van besturingssystemen en –software op andere treinsystemen die op enigerlei wijze zijn gekoppeld aan het treinbeveiligingssysteem, kan leiden tot noodzaak van een hernieuwde toelating van het materieel.

De ervaring leert, dat de software van het ERTMS boordsysteem met regelmaat (met behulp van onderzoeksvraag a.a.2-1 wordt regelmaat gekwantificeerd) moet worden aangepast. De omvang van de vloot is daarbij van minder belang; de kosten liggen vooral in de ontwikkeling en toelating. Ingeval de hardware moet worden aangepast, liggen de kosten beduidend hoger. Elke wijziging betekent risico's voor de beschikbaarheid, de bedrijfszekerheid en de veilige werking van de systemen en daarom is de modulaire opzet van ERTMS boordsysteem, waarbij functies en techniek eenduidig gegroepeerd zijn, noodzakelijk. Immers: indien een falen of tekortkoming geïsoleerd kan worden

tot één onderdeel, zijn oorzaakanalyse de identificatie en selectie van maatregelen en een eventueel hernieuwde toelating eenvoudiger dan wanneer die cyclus telkens betrekking heeft op het gehele, geïntegreerde boordsysteem.

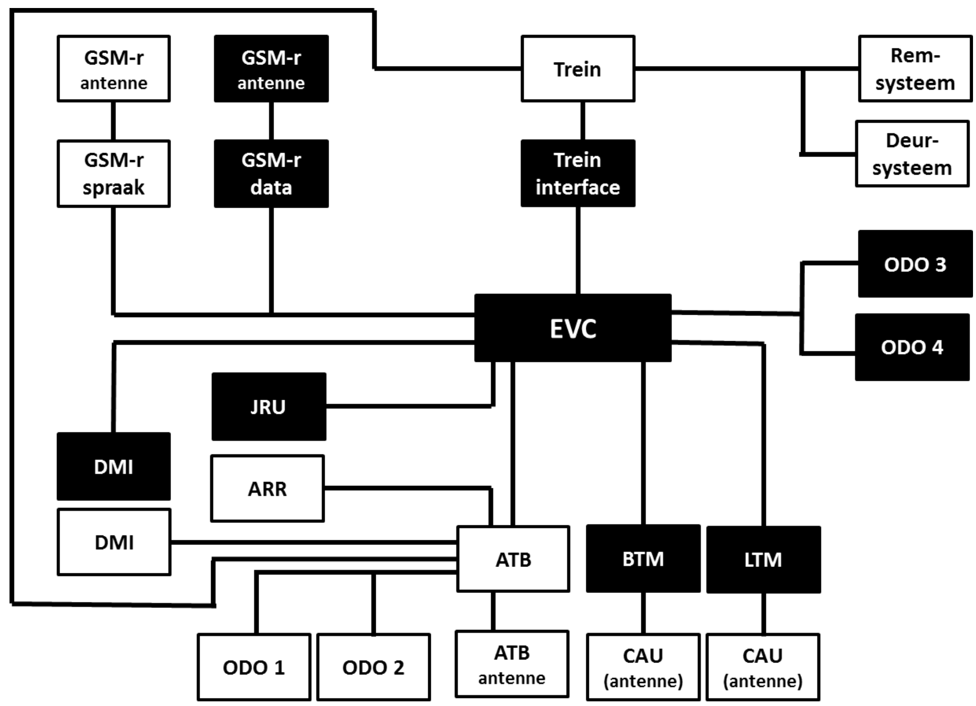
In Nederland zijn inmiddels vijf ERTMS projecten gerealiseerd: Betuweroute en Havenspoorlijn, HSL Zuid en de dual signalling projecten Amsterdam – Utrecht en Hanzelijn. Alle projecten zijn technisch verschillend van elkaar en onderscheiden zich ook tot op bepaalde hoogte in de operationele regelgeving. Per saldo moet treinmaterieel in de huidige situatie daardoor toegelaten worden voor elke specifieke toepassing, een kostbaar en tijdrovend proces. Dit fenomeen werkt door in bijvoorbeeld de opleidingen van rijdend personeel en onderhoudspersoneel. Ook ontstaat zo het risico dat boordapparatuur getweaked moet worden voor specifieke toepassingen. Aangezien systemen tijdens hun levensduur worden aangepast met het risico dat treinmaterieel dan opnieuw aangepast dan wel toegelaten moet worden, kan dat ook weer leiden tot hernieuwde toelating op andere trajecten. Dit fenomeen veroorzaakt in heel Europa hoge kosten voor vervoerders en materieeleigenaren, beperkt de inzetbaarheid van treinmaterieel en tast de leverbetrouwbaarheid (en daarmee de concurrentiepositie) van spoorvervoerders aan. Deze situatie moet worden verbeterd door de verschillende toepassingen – in ieder geval in Nederland – te migreren naar één generieke en uniforme variant waarvan de integriteit ook gedurende de levenscyclus wordt bewaakt en bewaard. Dat vereist:

1. Standaardisatie van ERTMS aan trein en aan baanzijde;
2. Inrichten van configuratiemanagement om de impact van wijzigingen tijdens de levensduur te kunnen beheersen;
3. Inrichten van testlabs waardoor de noodzakelijke trein- baanintegratietesten in een labomgeving kunnen worden afgewikkeld en de onttrekking tot een minimum kan worden beperkt.

STM en ATB

Pas als de definitieve migratie van ATB naar ERTMS op het Nederlandse is voltooid, kunnen de ATB systemen uit het materieel worden verwijderd omdat tot dat moment materieel zowel op ATB als ERTMS baanvakken moet kunnen rijden. Zoals boven aangegeven doubleert de functionaliteit het ATB systeem (of in de ATB STM) die van het ERTMS boordsysteem: beide hebben een centrale intelligentie die het systeem bestuurt, beide zijn verbonden met de eerder genoemde opsomming van treinsystemen, beide hebben een bedieninterface, beide hebben systemen voor het bepalen van de snelheid en rijrichting (odometrie), etc. Een deel van die functies, bijvoorbeeld voor odometrie, kan gekoppeld worden, andere niet. Een schematische voorstelling van de combinatie van beide systemen is opgenomen in de figuur 4. De witte blokje representeren bestaande boordsystemen, de zwarte blokjes de ERTMS systemen die eraan worden toegevoegd.

Figuur 4 ERTMS als deel van de treinconfiguratie



Om te kunnen blijven rijden op zowel ERTMS als ATB, bieden zich in het materieel twee technische mogelijkheden aan: koppelen van de ATB (functie) aan de EVC of het opnemen van de ATB (functie) in de ERTMS configuratie met behulp van een STM, een systeem dat ATB informatie uit de infrastructuur vertaalt naar ERTMS informatie.

Interoperabiliteit

Interoperabiliteit bij spoorwegen wil zeggen dat een trein met behulp van één enkel systeem voor treinbeveiliging over een gedefinieerd netwerk kan rijden. ERTMS is met het doel ontwikkeld om treinen die zijn uitgerust met het Europese beveiligingssysteem ERTMS naadloos te kunnen laten rijden over het Trans Europese Netwerk zonder de noodzaak tot onderbrekingen, wisselen van materieel of systemen. Dat betekent dat eenmalige toelating van zo'n systeem voor dat hele netwerk voldoende is waardoor bespaard kan worden op doorlooptijden en de kosten voor de levensduur. De facto is in Europa echter een situatie ontstaan waarin per project of per corridor of baanvak varianten van ERTMS zijn toegepast, ieder met hun eigen specifieke kenmerken. Hierdoor is toelating van materieel per project, corridor of baanvak noodzakelijk geworden. Maar dat betekent ook dat indien de ERTMS toepassing op één van de projecten, corridors of baanvakken waarop materieel wordt ingezet, wordt gewijzigd en de treinapparatuur daarop moet worden aangepast, niet alleen voor die specifieke situatie opnieuw toelating moet worden aangevraagd maar ook voor alle andere ERTMS-baanvakken waarop het betreffende materieel wordt ingezet. Dit leidt tot een sterke stijging van de kosten van aanpassen en toelaten van materieel en de doorlooptijden die hiermee zijn gemoeid. Een voorwaarde voor een kosteneffectieve uitrol van ERTMS in Nederland is daarom dat voor de toelating van treinmaterieel op alle met ERTMS uitgerust delen van het Nederlandse spoorwegnet kan worden volstaan met één proces van toelating.

Airgap

Kritisch voor het veilig en bedrijfszeker functioneren van het spoorvoertuig met behulp van ERTMS is de communicatie van de trein met het walsysteem. Rij- en remcommando's en instructies met betrekking tot de lokaal toegestane maximum snelheid worden, via infra installaties doorgegeven aan de ERTMS boordapparatuur. Bij level 1 worden balises gebruikt en gaat het om eenrichtingverkeer van wal naar trein, op de momenten dat een trein een balise passeert. Bij level 2 en 3 lopen de berichten via de GSM-R radio en gaat het zowel berichten van wal naar trein als van trein naar wal en is deze vrijwel continu in de tijd. Het voertuig bepaalt zelf zijn positie en actuele snelheid. Het digitale berichtenverkeer tussen trein en wal door de atmosfeer wordt 'airgap' genoemd.

Willen boord- en walapparatuur elkaar exact begrijpen, dan moeten vorm en frequentie van de berichten precies overeenstemmen. Zijn vorm en frequentie niet consistent en dit wordt herkend door het boordsysteem, en kan de trein tot stilstand worden gebracht. Miscommunicatie tussen trein en walsysteem hebben een negatieve impact op de

punctualiteit van de treindienst. De veilige werking van het voertuig als onderdeel van het railverkeerssysteem vereist dus een precieze technische specificatie van de radiocommunicatie en bijbehorende protocollen op het snijvlak van treinmaterieel en spoorweginfrastructuur. Van invloed hierop is het aantal varianten van ERTMS dat op een spoorwegnetwerk is terug te vinden: hoe groter het aantal varianten, des te groter de risico's. Daarom moeten interoperabiliteit, veiligheid en performance van ERTMS op het Nederlandse spoorwegnet gewaarborgd worden met behulp van één uniforme en gestandaardiseerde airgap specificatie. De uniforme standaard voor boord-walcommunicatie met behulp van ERTMS is nog niet beschikbaar. Een absoluut foutloze werkende airgap is een belangrijke voorwaarde voor brede uitrol van ERTMS in Nederland.

Stadia in het ombouwproces

Zoals boven aangegeven kent het technische deel van de ombouw van materieel een aantal fasen, namelijk de voorbereiding (specificeren, engineering, outillage, etc.), de daadwerkelijke inbouw (materieel onttrekken, installatie voorbereiden, de installatie zelf, aansluiten en testen van de systemen voor toelating) en vervolgens het gereedmaken voor het gebruik in de rijdende dienst en de onderhoudsprocessen.

Aanbesteding en contractering

Gezien de volumina gemoeid met de ombouw van materieel, is deze aanbestedingplichtig. Dat betekent dat rekening gehouden moet worden met de vigerende wettelijke verplichtingen en termijnen ten aanzien van het aanbesteden van orders. Bepalend voor de succesvolle uitkomst van de aanbesteding is de kwaliteit van de specificatie waarin de aanbestedende partij formuleert wat hij vraagt van de leverancier ten aanzien van de door de leverancier geleverde producten. Waar mogelijk kan gebruik gemaakt worden van functioneel specificeren, maar waar nodig zijn technisch specificaties de beste oplossing.

In het contract worden vervolgens de leveringsvoorwaarden overeengekomen waaronder garantiebepalingen, bepalingen ten aanzien van de levering van reversedelen en afspraken met betrekking tot de levering en het onderhoud van software updates en –upgrades.

Ervaringen en ontwikkelingen om ons heen

In Nederland is ervaring opgedaan met het inbouwen van ERTMS systemen in bestaand materieel in de navolgende projecten:

1. Thalys ten behoeve van inzet op HSL-Zuid in Nederland en België.;
2. TRAXX ten behoeve van inzet op Betuweroute en HSL Zuid,;
3. ICE-3 voor inzet op Amsterdam – Frankfurt;
4. V250;
5. SLT, ombouw ten behoeve van pilot Amsterdam – Utrecht;
6. Goederenlocomotieven voor inzet op het nationale net en de Betuweroute en Havenspoorlijn.

In het buitenland is eveneens veel ervaring met de ombouw van materieel, met name Zwitserland, Italië, Spanje, Oostenrijk, Duitsland, Frankrijk, België, Tsjechië, het Verenigd Koninkrijk, Zweden en Denemarken. Vervoerders als NSR werken intensief samen met partners in het buitenland teneinde kritische kennis en ervaringen te verzamelen en toe te passen in hun plannen met betrekking tot het komende migratietraject.

Voorts maken specialisten uit de spoorsector van Nederland deel uit van diverse werkverbanden waarin de verdere ontwikkeling van ERTMS vorm wordt gegeven. Het gaat dan bijvoorbeeld om:

1. UIC ERTMS Benchmarkstudie (ProRail, NSR, Mitsui)
2. CER CCS Group (adviseert ERA, Lloyds in opdracht van NSR)
3. Etc.

A.b GSM-R en telecom

Hoofdvragen

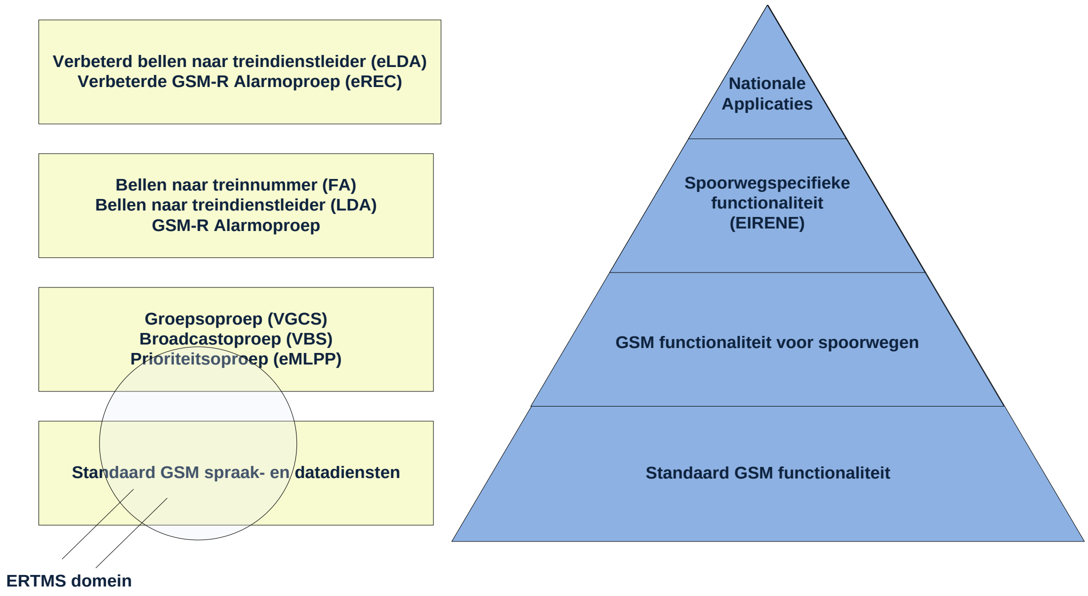
1. Op welke wijze heeft GSM-R invloed op functionaliteit en prestaties van de keten van besturing en beveiliging met ERTMS?
2. Welke relaties zijn er tussen die functies en prestaties en ERTMS Levels?
3. Waar dient m.b.t. GSM-R rekening mee te worden gehouden bij landelijke invoering van ERTMS (welke aanpassingen aan GSM-R zijn hiervoor noodzakelijk)?

Huidige situatie GSM-R

GSM-R functies

Op het spoor is een internationale standaard voor mobiele communicatie ingevoerd, GSM for Railways. GSM-R is voor een belangrijk deel gebaseerd op GSM aangevuld met spoorwegspecifieke functies.

Figuur 1 Functionaliteit GSM-R



Het GSM-R platform in Nederland biedt zowel spraak- als datadiensten voor personeel en systemen ter ondersteuning van vitale processen van de treindienst. Het gaat hierbij onder meer om spraakcommunicatie tussen machinist en verkeersleiding, alarmoproepen, datacommunicatie voor ETCS en communicatie voor reisinformatie (Infoplus). GSM-R maakt daarnaast mobiele communicatie voor grensoverschrijdend treinverkeer mogelijk (interoperabiliteit). Dit aspect is met name belangrijk voor de uitrol van het Europese netwerk van hogesnelheidstreinen en goederencorridors.
Er worden hoge eisen gesteld aan de kwaliteit van het netwerk. Het GSM-R netwerk biedt een goede dekking langs het spoor, korte verbindingsopbouwtijden (in de ordegrootte van enkele seconden), een spraakkwaliteit die vergelijkbaar is met vaste telefonie en betrouwbare overdracht van databerichten.

Toekomstige ontwikkelingen

In 2012 is het GSM-R 2020 framework programma in uitvoering gegeven. Dit programma omvat diverse projecten die de kwaliteit en beschikbaarheid van het netwerk verder verbeteren. Zo zal in 2014 het GeoReco project uitgevoerd zijn. Dat project beoogt centrale systeemdelen en verbindingen redundant en calamiteitsbestendig te realiseren. GSM-R zal tijdens de looptijd van invoering van ERTMS vervangen worden door Next Generation Mobile for Railways (NextG).

Beschrijving van de rol van GSM-R voor besturing en beveiliging bij introductie van ERTMS

GSM-R doet dienst als (data)communicatiedrager voor ERTMS en/of aan ERTMS gelieerde applicaties (voor bijvoorbeeld het overbrengen van niet-veilige informatie zoals snelheidsadviezen). De rol die GSM-R vervult verschilt per ERTMS Level.

	ATB			ERTMS			
	EG	VV	NG	L1	L1+infill	L2	L3
GSM-R Voice	ja	ja	ja	ja	ja	ja	Ja
GSM-R Data communicatie	nee	Nee (alleen voor monitoring)	nee	nee	Ja, maar alleen voor radio infill (niet voor Euroloop)	ja	ja

Toelichting op tabel

- **Level 1:** ERTMS Level 1 gebruikt Eurobalises om informatie door te geven aan passerende treinen. Er wordt daarbij geen gebruik gemaakt van GSM-R datadiensten. Met uitzondering van ERTMS level 1 waar gebruik wordt gemaakt van Radio infill.

Level 2 en Level 3: ERTMS Level 2 en Level 3 maken gebruik van GSM-R datadiensten voor de verzending van databerichten van RBC naar materieel en omgekeerd.

GSM-R data communicatie
GSM-R kan twee soorten datacommunicatiediensten ter beschikking stellen:

- **Data Circuit Switched Services** ((semi-) permanente data-inbelverbindingen). Dit type verbindingen wordt op dit moment gebruikt voor ERTMS Level 2 op HSL-Z, Betuweroute, Hanzelijn en Asd-Ut.
- **Internet Protocol service (IP/GPRS)**. Deze dienst wordt op dit moment in internationaal verband gespecificeerd voor gebruik door ERTMS.

Het datacommunicatiekanaal dat GSM-R ter beschikking stelt, heeft geen veiligheidskarakter in die zin dat de informatie-overdracht doorgaans niet foutvrij verloopt (grey channel concept). Uitval van GSM-R leidt niet tot een onveilige situatie, wel tot een verminderde prestatie in de zin dat het beperkingen oplegt aan het uitvoeren van de treindienst.
Naast diensten voor datacommunicatie biedt GSM-R ook spraakdiensten waarvan de GSM-R Alarmoproep en het Veiligheidsgesprek (spraakcommunicatie tussen machinist en treindienstleider) de belangrijkste zijn. Een adequate samenwerking tussen spraak- en datadiensten (interworking) is gewaarborgd, d.w.z. datadiensten en spraakdiensten ongewijzigd kunnen naast elkaar blijven bestaan.

Welke aanpassingen aan GSM-R zijn noodzakelijk?

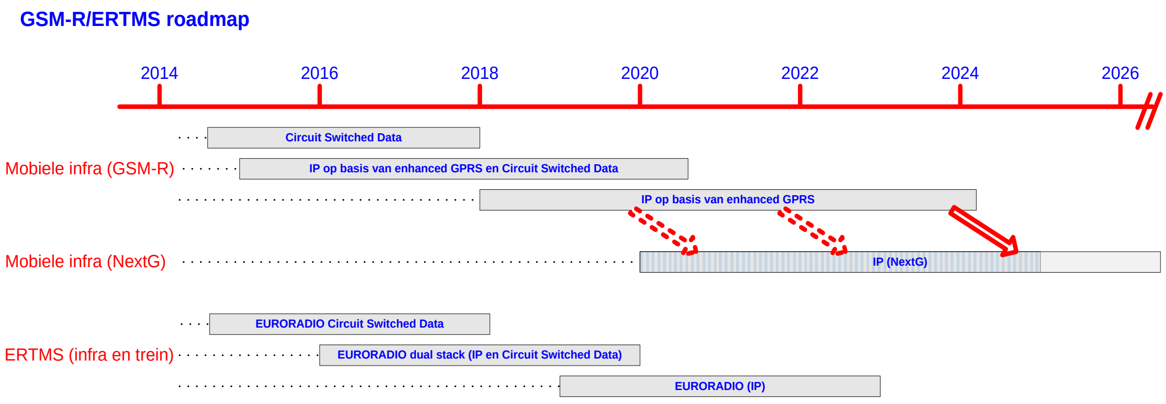
De invoering van ERTMS vereist aanpassingen van GSM-R op diverse deelgebieden. Deze kunnen evolutionair ingepast worden in het lopende GSM-R 2020 framework programma. Voor elk deelgebied worden aard en omvang van de aanpassingen hieronder aangegeven. Er wordt zowel naar de korte als naar de langere termijn gekeken.

1. **Capaciteit**
   Landelijke invoering van ERTMS of aan ERTMS gelieerde applicaties zal meer capaciteit vragen van het GSM-R netwerk dan op dit moment geboden wordt. De capaciteit zal dus uitgebreid moeten worden. Het gaat zowel om de capaciteit van het centrale netwerkdeel van GSM-R als om lokale capaciteit (celniveau) in druk bereden gebieden (bijvoorbeeld grote emplacementen).
   De aard van de datacommunicatiedienst is maatgevend voor de hoeveelheid netwerkcapaciteit die nodig is. Internet Protocol (IP) services zijn in dit opzicht efficiënter dan Circuit Switched datadiensten. Bepalend voor de netwerkcapaciteit is het maximaal aantal treinen (in het drukke uur en bij verstoringen) dat gelijktijdig rijdt onder ERTMS regime en het aantal simultane datacommunicatiesessies, dat daarvoor nodig is.
2. **Beschikbaarheid/robuustheid/betrouwbaarheid/calamiteitsbestendigheid**
   Het GSM-R netwerk zal in 2014 op centraal niveau volledig (geografisch) redundant uitgevoerd zijn met centrale componenten in Rotterdam en Amsterdam.
   Op lokaal niveau (cel, GSM-R zend-/ontvangstation) is het netwerk veelal niet redundant. Hiervoor zullen daarom nog maatregelen getroffen moeten worden, mogelijk oplossingen: redundante uitvoering van GSM-R apparatuur in cellen en in de transmissie (verbindingen).

Om de robuustheid verder te vergroten kan gedacht worden aan de inzet van backup voorzieningen. Procedurele oplossingen via GSM-R spraakdiensten zijn een eerste mogelijkheid (data en spraak worden in GSM-R deels onafhankelijk van elkaar afgewikkeld). Ook het gebruik van publiek mobiele datadiensten is een optie. Indien voor dat laatste gekozen wordt, dient de ERTMS infrastructuur in de trein daarop aangepast te worden.
Er zijn in algemene zin veel oplossingsrichtingen om de dienstverlening m.b.t. deze aspecten te verbeteren. Het is zaak om op basis van eisen en risico assessment een samenhangend pakket maatregelen te creëren.

3. **Migratie naar IP technologie**
De roadmap van GSM-R voorziet in migratie naar op IP gebaseerde oplossingen. ERTMS oplossingen gebaseerd op data-inbelverbindingen (zoals op dit moment in gebruik) worden uitgefaseerd. Dat zal zeker het geval zijn als GSM-R tijdens de looptijd van invoering van ERTMS vervangen wordt door de opvolger daarvan (Next Generation mobile for railways). Met IP kan beter voldaan worden aan de capaciteitsbehoefte van ERTMS, het biedt een betere kwaliteit in dienstverlening en grotere flexibiliteit in de operatie.
De invoering van IP heeft consequenties voor het GSM-R service portfolio (inzet Enhanced GPRS), netwerkarchitectuur, interfacing naar het applicatiedomein en standaardisatie.
De samenhang tussen ERTMS en GSM-R vanuit het perspectief van de migratie naar IP is hieronder geschetst. De termijnen waarop de verschillende transities moeten plaatsvinden zijn nog nader te bepalen, de genoemde jaartallen zijn indicatief.

Figuur 2 GSM-R/ERTMS roadmap (migratie naar IP en NextG)



4. **Quality of Service**
De QoS-eisen die ERTMS stelt aan GSM-R zijn vastgelegd in Subset-093. Het netwerk voldoet hier op dit moment niet (noodzakelijkerwijs) aan. De kwaliteit van het netwerk zal verbeterd moeten worden door optimalisatie van de radioplanning en mogelijk verdichting van het GSM-R zenderpark. Een mogelijke oplossing om de kwaliteit te verbeteren is uitbreiding van de GSM-R frequentieband. Storing van publiek mobiele netwerken (interferentie) kan de kwaliteit van dienstverlening negatief beïnvloeden. Stoorsignalen kunnen aan de treinzijde onderdrukt worden door toepassing van Radio Frequency filters (RF filters).
De kwaliteit van dienstverlening kan verder verbeterd worden door tuning van de applicatie. Onvolkomenheden in de data-overdracht door het netwerk kunnen opgevangen worden door een adequate configuratie van de Euroradioparameters.

5. **Processen en tooling voor performance- en ketenbeheer**
De ervaringen met de huidige ERTMS operatie hebben laten zien dat geavanceerde tooling voor performance- en capaciteitsmanagement en trouble shooting in combinatie met heldere beheerprocessen noodzakelijk is. Deze tooling zal landelijk beschikbaar gesteld moeten worden. De bijbehorende beheerprocessen zullen ingericht moeten worden waarbij afstemming tussen de verschillende beheerdomeinen in de keten (trein, GSM-R, applicatie) gewaarborgd wordt.

6. **Standaardisatie**
Standaardisatie is nodig op de volgende gebieden:
   a. Specificatie IP als communicatiedrager (ERTMS domein)
   b. Specificatie IP (op basis van Enhanced GPRS en NextG) als communicatiedrager voor ERTMS (GSM-R domein)

Standaardisatie van ETCS over IP/GPRS (EoG) is inmiddels in gang gezet in het kader van het TEN-T strategic action plan van de Europese Commissie (Facilitating and Speeding up ERTMS deployment).

Kosten en kostenfactoren van GSM-R aanpassingen

De kosten van de aanpassing van GSM-R voor ERTMS worden (uiteraard) bepaald door de zwaarte van de eisen die aan het netwerk en de dienstverlening gesteld worden. De eisen die ERTMS stelt aan beschikbaarheid en performance van het netwerk bepalen respectievelijk de mate van redundantie op lokaal (cel) niveau en de mate waarin het netwerk verdicht (meer GSM-R zend-/ontvangststations) moet worden.

Consequenties voor de vervoerders

De mobiele architectuur in de trein en het netwerk vormen een samenhangend geheel. Om in het licht van het bovenstaande een toekomst vaste invoering van ERTMS mogelijk te maken dient de GSM-R infra in de trein additioneel het volgende te ondersteunen:

a. Euroradio dual stack (data-inbelverbindingen en IP)
b. Trein netwerkinfra die backup datacommunicatie services ondersteunt
c. RF filters (ter voorkoming van interferentie met publiek mobiele netwerken)

Waar raakt dit aan andere programma's / projecten?

In 2012 is het GSM-R 2020 framework programma in uitvoering gegeven. Dit programma omvat diverse projecten die rechtstreeks aansluiten op, of bijgestuurd kunnen worden naar aanleiding van de landelijke invoering van ERTMS. Dat geldt bijvoorbeeld voor het lopende project om de GSM-R centrale infrastructuur Geo Redundant uit te voeren, maar ook voor het project om GSM-R zend-/ontvangststations te vervangen omdat het einde van de economische levensduur (onderhoudsperiode vervalt) binnen enkele jaren bereikt zal worden. ERTMS eisen voor redundantie zullen waar mogelijk integraal meegenomen worden.

A.c ERTMS in relatie tot optimalisatie be- en bijsturing

Vraag stelling en ontwikkelingen op gebied van be- en bijsturing

Het systeem om de treinen veilig te laten rijden en besturen bestaat uit het beveiligingssysteem en de systemen voor be- en bijsturing van de treinenloop. De ERTMS implementatiestrategie heeft primair betrekking op de vervanging van de beveiligingssystemen. De systemen voor be- en bijsturingssystemen (onderdeel van het VPT systeem) zijn gekoppeld aan de beveiligingssystemen.

- Vanuit de vervangingsvraag en noodzaak tot moderniseren is reeds een initiatief gestart tot upgrade van de be/bijsturingsfunctionaliteit in VPT. Onafhankelijk van de invoering van ERTMS is er dus al een noodzaak tot aanpassing van de be- en bijsturing.
- De behoefte aan capaciteitsvergroting in termen van hogere treinfrequenties, de noodzaak tot betere beheersing van de treindienst en hogere eisen aan de veiligheid leggen eisen op aan de nieuwe functies en de prestaties van deze systeemupgrade.
- Met name hogere frequenties kunnen zowel de gevoeligheid voor het ontstaan van verstoringen vergroten als het wegregelen ervan bemoeilijken. Capaciteitsvergroting door kortere opvolgtijden (die met ERTMS mogelijk worden, zie sectie B.3.a Capaciteit) kan op verschillende manieren worden benut. Als capaciteit vergroting wordt gebruikt voor het plannen van meer treinen, kan dit leiden tot kleinere buffers tussen treinen in de dienstregeling. Het verkleinen van buffers in het systeem vergroot de noodzaak om nauwkeuriger te sturen.

Capaciteit kun je verhogen door bv. kortere rijtijden en opvolgtijden. Dat kan leiden tot bv. hogere punctualiteit, meer treinen of een andere treinenmix. Punctualiteit heeft een directe relatie met de kwaliteit van de be- en bijsturing: goede be/bijsturing is een voorwaarde voor het daadwerkelijk kunnen benutten van hogere capaciteit. Alleen indien ook de be- en bijsturing verbetert, zijn er mogelijkheden om capaciteitsverhoging te incasseren door meer treinen in te zetten of een andere mix van treinen toe te laten, zie ook sectie B.3.a “Capaciteit”.

Als de invoering van ERTMS gepaard gaat aan het introduceren van een moderne interlocking, kan dit gevolgen hebben voor de interface tussen interlocking en be- en bijsturingssystemen (Zie Bijlage 1). ASTRIS (Aansturing en STatusmelding van Rail InfraStructuur) -de koppeling tussen interlocking en be- en bijsturingssystemen- is hierop ingericht. Dit is verder geen onderdeel van deze sectie.

Definities

Uitgangspunt is dat de treindienst planmatig wordt uitgevoerd. Vanuit de besturing, via de beveiliging worden voorwaarden gecreëerd waardoor machinisten hun trein volgens het plan kunnen laten rijden. Daarbij maken we expliciet onderscheid tussen *besturing* en *bijsturing.*

Besturing

- Omdat de uitvoering van alle treindienstprocessen enige mate van spreiding heeft is de opdracht van de BESTURING om deze lichte afwijkingen van het plan weg te regelen. Voor de klanten (= reizigers en verladers) betekent dit dat wordt geleverd volgens (product)plan.

Bijsturing

- Onvoorziene omstandigheden kunnen de geplande treinbewegingen onbedoeld verstoren; deze verstoringen kunnen doorwerken in bewegingen van andere treinen. De opdracht van de BIJSTURING is om het (product)plan zodanig aan te passen dat een maximale klantwaarde geleverd kan worden.

Be- en bijsturing van de treindienst moet zowel beter kunnen plaatsvinden in de reguliere, geplande omstandigheden als in afwijkende omstandigheden, o.a. gekenmerkt door:

  - geplande en ongeplande werkzaamheden
  - storingen en functieherstel
  - calamiteiten en baanvrijmaken

Functionaliteit en informatie
Om de be- en bijsturing te verbeteren, dienen de systemen voor be- en bijsturing te beschikken over aanvullende functionaliteit waarmee treindienstleider (trdl) en verkeersleiding sneller en effectiever keuzes kunnen maken m.b.t. het sturen van treinen: verandering sporen, eventueel veranderen van snelheden (doen we nu nog niet), het wijzigen van treinsamenstelling enz.
Dergelijke nieuwe functionaliteit vereist aanvullende actuele informatie over de toestand van treinen en over de toestand van de infra, maar ook de mogelijkheid om de machinist te informeren over het actuele plan en doelen (in een nog nader te bepalen vorm: adviessnelheden, gewenste doorkomsttijden enz.).
Daarbij kunnen verschillende niveaus worden onderscheiden:

a) Om de be/bijsturingsfunctionaliteit te kunnen verbeteren ten opzichte van het huidige niveau is in **ieder geval meer informatie nodig over de actuele treinpostities en treinsnelheden**.
b) Verdere verbetering kan bereikt worden door aanvullende functionaliteit in de be- bijsturingssystemen die de treindienstleiders ondersteunen
c) Verdere verbetering kan ook bereikt worden door machinisten te ondersteunen met meer informatie die wordt gegenereerd aan walzijde in de be- en bijsturingssystemen. een voorbeeld daarvan is het verstrekken van snelheidsadviezen aan machinisten.

Invloed van ERTMS op de optimalisatie van de besturing

De prestaties van het spoorvervoersysteem worden bepaald door de functionaliteit en de prestaties van het beveiligingssysteem in combinatie met de be- en bijsturing. Bij wijzigingen van de één zal ook de andere moeten worden beschouwd om vast te stellen of prestaties het totale vervoersysteem verbeteren (het systeem is goed als de zwakste schakel). Daarnaast kunnen aanpassingen (zoals invoering van ERTMS) resulteren in nieuwe mogelijkheden voor verdere prestatieverbeteringen.
Invoering van ERTMS kan helpen om o.a. opvolgtijden te verkorten (dit is o.a. afhankelijk van het te gekozen ERTMS level); verwezen wordt naar sectie B.3.a “capaciteit”. De invoering van ERTMS leidt tot de vraag: welke afhankelijkheden er zijn met bovengenoemde ontwikkelingen, zowel systeemtechnisch als in de uitrolstrategie en hoe hebben die ontwikkelingen invloed op keuzes die gemaakt moeten worden in kader van de Railmap en vice versa? Dat geldt zowel voor de normale uitvoering van de treindienst als voor de hierboven kort genoemde afwijkende situaties (werkzaamheden, storingen enz.).

Hieronder zijn opgenomen:

- de mogelijkheden om de be- en bijsturing te verbeteren door gebruik te maken van ERTMS informatie en of informatie van ander systemen; en
- de geïdentificeerde nadelige effecten en risico’s op het vlak van be- en bijsturing die samenhangen met de invoering van ERTMS.

Mogelijkheden voor verbetering van de be- en bijsturing

Informatie aan be/bijsturing over treinen

- ERTMS level 2 (en 3) leveren via GSM-R met hoge frequentie en nauwkeurigheid trein-gerelateerde informatie (zoals actuele positie en snelheid, treinlengte en gewicht) die beschikbaar kan worden gesteld aan betere be/bijsturing. Er zijn aanvullende systemen en maatregelen nodig om deze informatie toegankelijk en bruikbaar te maken voor be/bijsturing. Huidige informatie over treinpositie is gebaseerd op sectiebezetting en wordt via TROTS (TRein Observatie en Tracking Systeem) aan de be- en bijsturingssystemen geleverd. Aanvullend beschikken de vervoerders over materieel tracking en tracing-systemen die veelal op GPS-informatie zijn gebaseerd. In de Pilot Amsterdam -Utrecht wordt onderzocht wat de verschillen in nauwkeurigheid en updatefrequentie tussen ERTMS en TROTS zijn. In het project “Be- en bijsturing voor de toekomst” wordt onderzocht welke eisen een nauwkeurige besturing stelt aan de informatie over der trein.
- ERTMS Level 1 levert die informatie niet.
- Het is niet uitgesloten dat voor adequate be/bijsturing andere informatie nodig is dan ERTMS level 2/3 levert (bijvoorbeeld: vertrekgereed, deurstatus etc.). Dit wordt onderzocht in het project “Be- en bijsturing voor de toekomst”. Als dat zo is dient in de trein en aan de walzijde een aparte datastroom te worden ontwikkeld en aparte GSM-R bandbreedte te worden gereserveerd. Dit wordt in de sectie A.c “ GSM-R en Telecom” nader aangegeven.

Informatie aan be/bijsturing over status infra

- Informatie over het actuele gebruik van de infra (bezetting door treinen/verleende autorisatie); buitendienststellingen
- Informatie over verminderde functionaliteit van infrasystemen bijvoorbeeld: bij een storing treedt de vraag op waar zich de oorzaak bevindt: in de trein, het GSM-R systeem of in de beveiligingsinstallaties aan walzijde. Dat is feitelijk geen ERTMS informatie maar wel relevant bij invoering van ERTMS level 2 of 3, bijvoorbeeld ten behoeve van snel functieherstel.

Informatie naar treinen t.b.v. betere treinbesturing

- ERTMS level 2 en 3 zijn niet bedoeld om niet-veiligheidsrelevante informatie t.b.v. betere besturing naar de trein te sturen.
- Vanuit architectuuroverwegingen is het ongewenst hier het ERTMS datakanaal voor te gebruiken. (Rationale: dit kanaal is bedoeld voor veiligheidsrelevante informatie en moet derhalve bij wijzigingen steeds opnieuw gecertificeerd te worden. Bovendien zou dit een additionele specificatie van de ERTMS berichten vereisen en dat zou met alle EU-lidstaten overeengekomen moeten worden, hetgeen veel tijd vergt en het de vraag is of het te bereiken compromis voldoende zal aansluiten op de Nederlandse behoefte).
- Onderzocht moet worden om welke data het gaat, welke opties er zijn en welke gevolgen dat heeft voor aanvullende systemen aan walzijde, GSM-R en aan treinzijde. Dit onderzoek dient bij voorkeur in een operationele pilot te gebeuren omdat een papieren studie onvoldoende representatief is om de dynamiek van operationele effecten, waaronder het gedrag van machinisten en treindienstleiders, mee te kunnen nemen.

Informatie naar de Interlocking t.b.v. reductie capaciteitsverspilling

- ERTMS level 2 en 3 bieden de mogelijkheid om treinstilstand te destilleren uit de treininformatie en deze door te geven aan de interlocking. Hierdoor kunnen nu gangbare veiligheidsmarges in de interlocking (herroeptimer, ROZ rijweginsteltimer) verkort worden.

Tevens zijn nadelige effecten en risico's op het vlak van be- en bijsturing die samenhangen met de invoering van ERTMS opgenomen.

ERTMS-gerelateerde processen op emplacementen

- Opstarten, koppelen/splitsen, kopmaken enz. onder ERTMS is anders dan onder het huidige ATB en heeft impact op procedures van machinisten en treindienstleider en mogelijk op capaciteit.

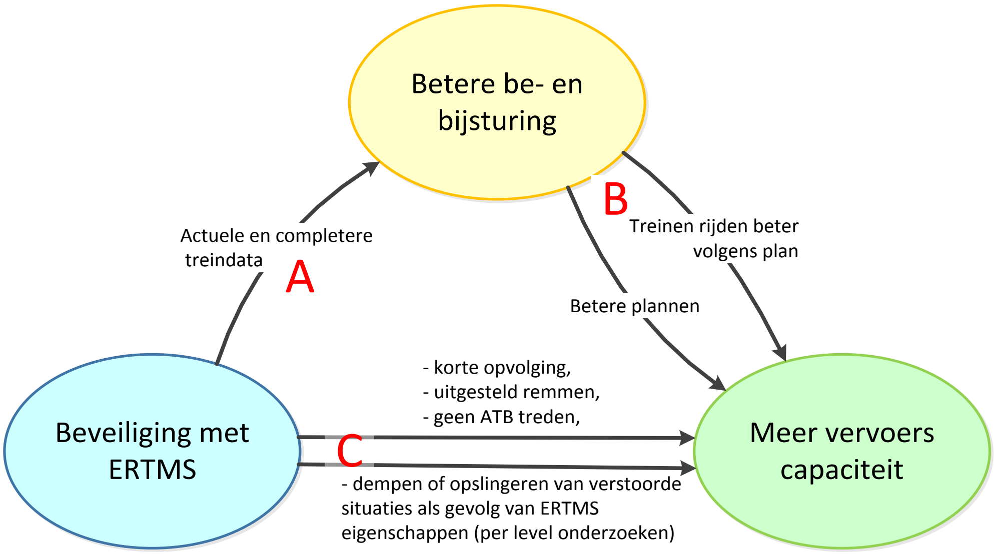
Afhandelen van verstoorde situaties

- Wat is de invloed van de verschillende ERTMS levels op de stabiliteit van de treindienst bij in verstoorde situaties? Leiden inherente eigenschappen tot opslingering of tot demping van een verstoring en waarom? Hoe kan in combinatie met be/bijsturingsmaatregelen het effect van een verstoring beter worden beheerst? Bijvoorbeeld: zijn de opvolgtijden in een gehinderde situatie kleiner dan de opvolgtijden bij ongehinderd rijden van de treinen? En wat betekent dit in de praktijk voor de stabiliteit van de treindienst?
- Het omgaan met verstoorde situaties waarin directe communicatie tussen treindienstleider en machinist belangrijk wordt (zelfde taal, zelfde informatie). Het terug regelen naar de nominale ongestoorde situatie verloopt onder ERTMS anders dan onder ATB. Wat zijn de gevolgen voor operationele procedures en afspraken?
- In welke mate ERTMS level 1 en level 2/3 daarin verschillen dient nader te worden uitgewerkt. Dit vereist o.a. een scenario-analyses waarbij de veiligheidsimpact wordt onderzocht bij mogelijke verstoorde situaties. Om dit duidelijk te maken wordt een voorbeeld geschetst: indien als gevolg van een (ver)storing niet exact van alle treinen bekend is waar deze zich bevinden, hoe kan dan met 100% zekerheid worden gegarandeerd dat een opdracht waarin een trein toestemming krijgt om te rijden, naar de juiste trein wordt gestuurd?

Transities tussen ATB en ERTMS bij het uitvoeren van een treinrit

De operationele verschillen tussen gebruik van NS'54/ATB en ERTMS modes leiden bij transities tot ander gewenst gedrag van machinist en treindienstleider. Wat betekent deze informatielast voor de processen en voor deze functionarissen en legt het voorwaarden op aan het aantal transities, de locaties ervan en de aard waarop deze dienen te worden uitgevoerd? De vraag is of aanvullende operationele procedures nodig zijn om de veiligheid te waarborgen.

Figuur 1 Samenhang tussen be/bijsturing, beveiliging met ERTMS en de hogere vervoerscapaciteit



ERTMS is in dit beeld een 'enabler': het biedt mogelijkheden (1) direct door keuzes in de projectering van de beveiliging, waardoor er minder grote claim gelegd wordt op infra per trein en (2) indirect door meer data beschikbaar te stellen t.b.v. betere be/bijsturing, wat weer een voorwaarde is voor een hogere benutting van de capaciteit

Pijl 'A'
In deze sectie is van belang welke relatie er bestaat tussen ERTMS en de be/bijsturing, in de figuur aangegeven door pijl 'A'. Deze interface dient nader te worden gespecificeerd Een eerste schets is gegeven in bijlage 1. Dit dient nader te worden uitgewerkt om inzicht te krijgen in de verschillen tussen de ERTMS levels.

Pijlen 'B'
De relaties tussen be/bijsturing en capaciteitsverhoging valt geheel binnen de scope van de ontwikkeling van ICT Systemen voor de be- en bijsturing en ook de ontwikkeling van plansystemen (bijv. nauwkeuriger plan; explicitering van toleranties in het plan). Hier heeft ERTMS geen directe relatie meer, die lopen via pijlen A en C. Ten overvloede: dit is wel voorwaardelijk voor het incasseren van de capaciteitsdoelstellingen die in het kader van ERTMS zijn gesteld.

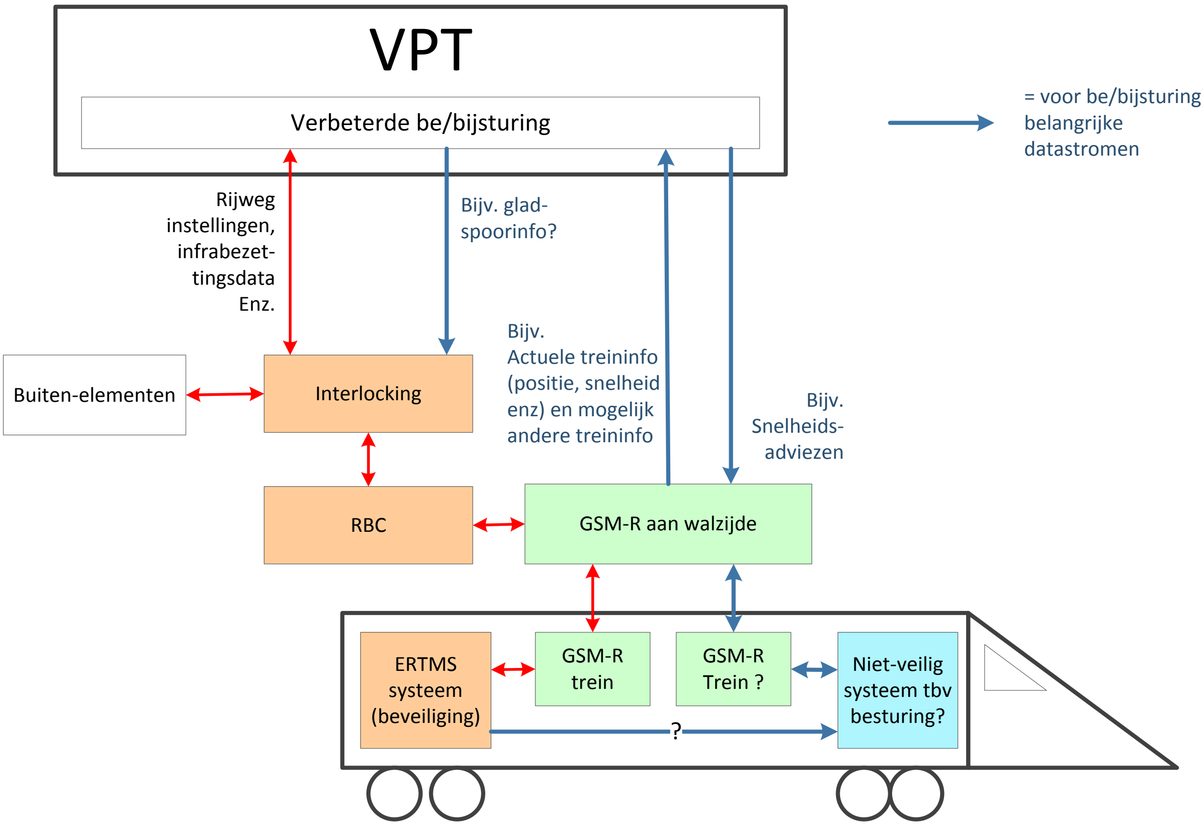
Pijlen 'C'
In sectie B.3.a "Capaciteit" wordt vastgelegd in hoeverre projectering van ERTMS in de infra leidt tot meer marges die ruimte bieden aan capaciteitverhoging. Het gaat o.a. om uitgesteld remmen, het afstand nemen van ATB snelheidstreden enz. De mate waarin een ERTMS level hier al dan geen ruimte biedt kan impact hebben op de noodzakelijke of mogelijke be/bijsturingscapaciteit: nader uit te zoeken, verwezen wordt naar sectie B.3.a "Capaciteit". De vraag of het rijgedrag van treinen direct, als gevolg van impliciete kenmerken van ERTMS levels, gevolgen heeft voor de capaciteit en met name bij verstoorde situaties (dempen of opslingeren)dient nader te worden gekwantificeerd omdat dit van belang kan zijn in de afweging tussen levels.

Samenvattend

1. Ten behoeve van betere be- en bijsturing dient in ieder geval meer informatie ter beschikking te worden gesteld aan treindienstleiders m.b.t de actuele positie en snelheid van treinen ERTMS level 2 en 3 ondersteunen dat, level 1 niet
2. Verdere verbetering van de be- en bijsturing vereist o.a. nog nader te bepalen informatie aan machinisten. Deze dient bij voorkeur niet doormiddel van ERTMS berichten te worden verzonden. Om welke informatie het gaat (bv snelheidsadviezen) en wat dat zowel aan baanzijde als treinzijde voor ontwikkeling vereist dient nog te worden bepaald.
3. *De* afhankelijkheden in de planning tussen de verdere ontwikkeling van de be- en bijsturingsfunctionaliteit en de invoering van ERTMS dient nog nader te worden onderzocht.

Bijlage 1 Schetsmatige uitwerking informatiestromen ERTMS / Be/bijsturing

Onderstaande figuur schetst een beeld van de datastromen tussen de verschillende systeemcomponenten. De situatie voor ERTMS level 2/3 is geschetst.



De blauw aangegeven pijlen dienen te worden gespecificeerd in kader van verbeterde be/ en bijsturing. Een andere vraag is welke architectuur aan boord van de trein nodig is om verbeterde be/ bijsturing mogelijk te maken en hoe dat samenhangt met de data die ERTMS beschikbaar stelt.

A.d Emplacementen

Hoofdvragen
1. Welke afhankelijkheden zijn er met ERTMS level keuze en functies in de keten m.b.t. oplossingen voor emplacementen? 2. Welke beveiligings- be-en bijsturingsfunctionaliteit zijn op dit op moment aanwezig op de emplacement en kan dit met ERTMS worden verbeterd/geëvenaard? 3. Welke prestaties worden door de huidige beveiligings- besturingssystemen geleverd en kunnen deze met ERTMS worden geëvenaard dan wel verbeterd?

Wat is een emplacement?

Het spoorwegnetwerk kan worden ingedeeld in “emplacementen” en “vrije banen”. Er is sprake van een emplacement als er één of meer wissels aanwezig zijn. De vrije baan kent geen wissels. We maken daarnaast onderscheid naar beveiligde en niet beveiligde emplacementen. Een andere doorsnede kan worden gemaakt naar de functie van emplacementen: reizigers, goederen, opstellen, rangeren etc.

Bij een landelijke uitrol van ERTMS, zullen alle emplacementen een vorm van ERTMS moeten krijgen[2]; immers de ERTMS treinapparatuur is altijd actief en moet weten op welke manier de trein moet worden bewaakt. ERTMS biedt per genoemd “type” emplacement[3] de benodigde functionaliteit.
Voor de op dit moment onbeveiligde emplacementen zal nog bepaald moeten worden in hoeverre deze beveiligd gaan worden bij introductie van ERTMS.
Deze sectie behandelt de onderscheidende eigenschappen voor L1 en L2 op emplacementen. De focus ligt daarbij op de emplacementen die primair gebruikt worden door het reizigersverkeer.

Eigenschappen van emplacementen

Op een emplacement vinden grofweg de volgende processen plaats:

- Aankomst van treinen
- Vertrek van treinen (al dan niet in dezelfde richting als de aankomst)
- Doorrijden (zonder op het emplacement te stoppen)
- Combineren van treinen
- Splitsen van treinen
- (Kortstondig) parkeren van treinen (waarbij het materieel al dan niet wordt gereinigd).

De ERTMS implementatie (o.a. ERTMS level) in de infra bepaalt op welke wijze deze processen door ERTMS worden ondersteund / bewaakt. De grootte van het emplacement is daarbij niet van belang. Wel van belang is dat deze (nieuwe) ERTMS-gerelateerde processen per “type emplacement” op slechts één manier plaatsvinden om fouten in de operatie tot een minimum te kunnen beperken. Dergelijke fouten hebben vrijwel altijd gevolgen voor de capaciteit omdat de normale geplande treinenloop wordt verstoord en mogelijk veiligheidsimpact.
Er is in Nederland (maar ook daarbuiten) nog slechts beperkte ervaring met de toepassing van ERTMS op emplacementen.

Voor Nederland:

- De emplacementen van de Havenspoorlijn zijn nu simpel uitgerust met de ERTMS L1 “shunting” mode[4]. Deze oplossing biedt wel voldoende veiligheid voor rangeer bewegingen.

---

2 Alle emplacementen en niet alleen de beveiligde emplacementen. Onder ATB betekent een onbeveiligd emplacement dat er geen ATB code beschikbaar is, wat voor een ATB trein betekent dat de maximum snelheid automatisch is begrensd op 40 km/u. Bij ERTMS dient een vergelijkbare eenduidige situatie te worden gecreëerd omdat er anders geen maximum snelheidsbegrenzing zou zijn waardoor de veiligheid als gevolg van de invoering van ERTMS af zou nemen.

3 Categoriseren van de onderscheidende” typen” m.b.t. verschillen in ERTMS processen zal nog nader worden uitgewerkt en wordt in de volgende versie van deze sectie beschreven.

4 De implementatie van ERTMS L1 op de Havenspoorlijn zou een “tijdelijke implementatie” zijn, voorafgaand aan een upgrade naar L2. Er is daarom gekozen voor een simpele L1 implementatie met beperkte functionaliteit. Zo is alleen de doorgaande baan voorzien van “Full supervision” en zijn de emplacementen voorzien van “Shunting”.

- De emplacementen op de trajecten Amsterdam - Utrecht en de Hanzelijn zijn wel volledig beveiligd door ERTMS L2. Alhoewel alle ERTMS gebruikersprocessen zijn geschreven en geanalyseerd, is er nog weinig operationele ervaring (behalve de testritten) met ERTMS op deze lijnen. Dit vereist nog nadere aandacht.

Relaties tussen emplacement en ERTMS levels (hoofdvraag 2)

Cruciaal voor de aspecten “veiligheid” en “capaciteit” is dat een veranderde toestand van de infra (b.v. nieuwe rijweg ingesteld of STS-passage) zo snel mogelijk bij de trein bekend is opdat de ERTMS treinapparatuur de informatie kan verwerken en er zo geanticipeerd kan worden op de nieuwe toestand. Dit voorkomt dat een verstoring zich ongewenst snel in tijd en ruimte kan uitbreiden. De mate van toestandsveranderingen op een emplacement is hoog.

Level 1

- Door de discontinue overdracht van informatie van baan naar trein heeft de trein altijd een “informatie achterstand”. Dit kan worden beperkt (doch niet volledig worden opgelost) door het aanbrengen van extra balises en infill kabels of radio infill. Echter, afhankelijk van de ERTMS mode waar de trein zich in bevindt, is de trein niet altijd in staat om deze extra informatie te verwerken (infill wordt door de trein slechts onder bepaalde omstandigheden geaccepteerd). Dit is nadelig voor de capaciteit (omdat ATBEG continue overdracht van informatie heeft).
- De positie van de ERTMS antenne onder het materieel is ruim gespecificeerd: de antenne mag zich tot 15 meter achter de voorkant van het materieel bevinden. Doordat de werking van ERTMS L1 geheel afhankelijk is van de ontvangst van het balise bericht, moet voor een veilige werking rekening worden gehouden met deze ruime marge. Dit legt eisen op aan de plaatsing van balises die consequenties hebben voor de nuttige perronlengte. Dit kan en achteruitgang betekenen t.o.v. de huidige situatie.
- Level 1 bevat de volledige remcurvebewaking van ERTMS en levert daardoor baten van reductie van STS passages. Echter, “Vertrek door rood” wordt niet afdoende door ERTMS L1 gemitigeerd.
- Het “basisprincipe” van L1 is dat het seinbeeld wordt ingelezen en wordt omgezet in een Movement Authority. Echter, op een emplacement biedt dit seinbeeld vaak te weinig informatie over de afstand waarover mag worden gereden (eenzelfde seinbeeld kan naar meerdere volgende seinen leiden). Daarom moet voor ERTMS L1 extra informatie (wisselstanden) worden ingelezen die, afhankelijk van het type interlocking, niet aan de “buitenkant” van de interlocking aanwezig is. In die gevallen ontstaat een technisch complexe installatie die per locatie uniek zijn met (o.a. kosten) gevolgen voor het ontwerp en beheer ervan.

Level 2 en 3

- Door de continue informatie overdracht van baan naar trein heeft de trein altijd “up to date” informatie, ongeacht de positie van de trein op het emplacement.
- Deze continue informatie overdracht verloopt via GSM-R. De capaciteit van GSM-R is de beperkende factor in het aantal treinen dat tegelijkertijd op een emplacement van ERTMS L2/L3 informatie kan worden voorzien. Voor de details over de vraag wat het karakter is van die beperkingen en hoe verwacht wordt dat die opgelost kunnen worden, zie sectie A.b “GSM-R en telecom”.
- Met name op emplacementen is een hoge nauwkeurigheid van de positie van treinen vereist. Baangebonden treindetectie systemen voldoen aan die nauwkeurigheidseis. Voor treingebonden positiedetectie (ERTMS level3) is het op dit moment niet duidelijk of de in de ERTMS specificatie gehanteerde nauwkeurigheid voldoende is om aan de vereiste positienauwkeurigheid te voldoen. Het verwijderen van baangebonden treindetectie systemen op emplacementen is daarom nog niet realistisch.
- Emplacementen worden ook gebruikt om materieel op te stellen. Het is aannemelijk dat hierbij de ERTMS apparatuur wordt uitgeschakeld (doordat de pantograaf naar beneden wordt gehaald en er geen back-up is in de vorm van accu’s). Hierdoor is een Level 3 trein niet meer zichtbaar voor het RBC en voor de treindienstleider. Dit is een extra reden om baangebonden treindetectie systemen te handhaven op emplacementen.

Afhankelijkheid met andere programma's en projecten
○ Samenhang met inhoud en planning van de upgrade GSM-R systeem: hogere datadichtheid op emplacementen ○ Samenhang in inhoud en planning van wijzigen van infra op grote emplacementen. ○ Samenhang met upgrade van be- en bijsturing m.n. wat betreft baten te incasseren op emplacementen en processen die specifiek plaatsvinden op emplacementen.

A.e.1 Materieeltoelating en operationele inzet

Hoofdvragen en scope

Hoofdvragen

Het operationeel inzetten van materieel met ERTMS vraagt om 1) technisch toegelaten materieel en 2) het inrichtingen van specifieke processen bij de vervoeder en infrabeheerder.

Voor technische materieel toelating worden in deze sectie de volgende vragen beantwoord:

- Op welke wijze (eisen en proces) is de toelating van ERTMS in materieel in Nederland geregeld.
- Wat zijn de te verwachten ontwikkelingen op het gebied van ERTMS in materieel toelating.

Scope

Deze sectie behandelt de materieeltoelatingsactiviteiten in het algemeen. Baan Trein Integratie (BTI) is een ERTMS-specifiek onderdeel daarvan, dat is in sectie A.e.2 “Materieeltoelating Baan Trein Integratie” beschreven.

Materieeltoelating op hoofdlijnen

- Materieeltoelating is een nationaal proces dat gebaseerd is op internationale regelgeving. Het proces en de technische eisen zijn vastgelegd in de Nederlandse spoorwegwet. (Meer specifiek: de technische eisen staan in de Regeling Indienststelling Spoorvoertuigen).
- Bij iedere “toelatingsplichtige” wijziging aan het materieel, moet het toelatingsproces opnieuw worden doorlopen. Het toevoegen van ERTMS is hiervan een voorbeeld.
- Materieeltoelating is essentieel om de technische compatibiliteit te waarborgen van het gecombineerde trein/ baan systeem. Dit geldt voor alle technische aspecten tussen infra en materieel. Voor het ERTMS deel wordt dit “Baan – Trein Integratie (BTI) genoemd.
- Baan-Trein Integratie is voor alle ERTMS levels van belang.

Proces en eisen voor toelating van ERTMS in het materieel

Eisen voor materieeltoelating

- Materieel voorzien van ERTMS moet voldoen aan de eisen uit het RIS (Regeling Indienststelling Spoorvoertuigen).
- Zowel bij level 1, 2 als 3 dient een trein voorzien van ERTMS een toelatingsproces te doorlopen inclusief BTI testen. De eisen daarvoor zijn vastgelegd in de Regeling Indienststelling Spoorvoertuigen (ref 3).

Proces voor Materieel toelating

De interoperabiliteits richtlijn 2008/57 schrijft de lidstaten voor hoe zij materieel moeten toelaten. In de aanbeveling 2011/217 geeft de commissie nadere richtlijnen aan de uitvoerende instantie. ILT Utrecht in Nederland de instantie, die de vergunningen afgeeft.

De toelating tot de Europese markt verloopt in twee stappen:

1. De toetsing van het materieel aan de Europese specificaties. Dit Europese proces wordt eenmaal doorlopen in een lidstaat naar keuze. Daartoe worden onderdelen getoetst aan de betreffende Technical Specifications for Interoperability (TSI’s). Zo wordt de ERTMS on-board unit getoetst aan de TSI voor de Command Control Signalling (TSI-CCS). De veilige integratie van de onderdelen tot een werkend voertuig moet eveneens onderbouwd worden.
2. In elke lidstaat moet de aanvrager vervolgens de veilige interactie tussen trein en de infrastructuur aantonen. Voor ERTMS heeft ProRail daartoe testprotocollen (RLN0295) uitgeschreven.

De interoperabiliteitsrichtlijn vereist dat de toetsing aan TSI’s door erkende klasse bureaus (Notified Bodies) en de veilige integratie door onafhankelijk partijen wordt gedaan. Veelal is de eigenaar van het materieel (soms de fabrikant) de aanvrager van de toelating. Deze betaalt de kosten en dient uiteindelijk de dossiers in bij de ILT.

De aanvrager krijgt van ILT de vergunning voor het voertuig zonder dat een vervoerder bekend hoeft te zijn. Het toelatingstraject van ILT staat nadrukkelijk los van de operationele afspraken, die ProRail naderhand maakt met de vervoerder over het gebruik van het voertuig (vastgelegd in de toelatingsovereenkomst).

Baan Trein Integratie

- De Regeling Indienststelling Spoorverkeer verwijst voor de BTI testen naar de richtlijn waarin is vastgelegd welke BTI testen moeten worden uitgevoerd i.h.k.v. het verkrijgen van een inzetcertificaat. Deze richtlijn wordt op verzoek van IenM door ProRail beheert.
- De verantwoordelijkheid voor het uitvoeren van de BTI testen is belegd volgens het principe: “de initiatiefnemer voor de wijziging moet de BTI uitvoeren”. Dit betekent dat ProRail verantwoordelijk is voor BTI als er nieuwe of gewijzigde ERTMS infra komt en de vervoerder verantwoordelijk is als er nieuw of gewijzigd ERTMS materieel verschijnt. De verantwoordelijke partij draagt ook alle kosten voor de BTI.

Resultaat is door IL&T toegelaten ERTMS installatie (resultaat technische toelating)

Materieeltoelating Materieeltoelating is momenteel nog een kostbaar en omvangrijk proces., afhankelijk van het voertuigtype . Vereenvoudiging en verdere automatisering is een voorwaarde wil de grote vloot van verschillende treintypes onder ERTMS kosteneffectief kunnen worden toegelaten. BTI is nodig voor zowel level 1, 2 als level 3.

Operationeel inzetten van met ERTMS uitgerust materieel

Om met ERTMS uitgerust materieel operationeel te kunnen inzetten moet de volgende zaken zijn geregeld.

- Voor ERTMS level 2 & 3 zijn bij de vervoerder en infrabeheerder de processen voor Key-management ingericht.
- De ERTMS installatie in het materieel wordt door een door IL&T erkende onderhouder onderhouden.
- De handboeken van het materieel en handboek machinisten bevatten de noodzakelijke informatie over het gebruik van ERTMS.
- Machinisten zijn getraind en hebben met goed gevolg de Proeve van Bekwaamheid voor de ERTMS installatie van het betreffende materieel afgelegd en hebben weg bekendheid (met ERTMS) op de ERTMS baanvakken.

Referenties

[1] TSI Command, Control and Signalling
www.prorail.nl/Vervoerders/Infrastructuur/Pages/Beveiligingencommunicatie.aspx
[2] Regeling indienststelling Spoorvoertuigen
[3] RLN00295

A.e.2 Materieeltoelating Baan Trein Integratie

Hoofdvragen en scope

Hoofdvragen

Het operationeel inzetten van materieel met ERTMS vraagt om 1) technisch toegelaten materieel en 2) het inrichten van specifieke processen bij de vervoeder en infrabeheerder. Voor technische materieel toelating worden in deze sectie de volgende vragen beantwoord:

- Op welke wijze (eisen en proces) is de toelating van ERTMS in materieel in Nederland geregeld.
- Wat zijn de te verwachten ontwikkeling op het gebied van ERTMS m.b.t materieel toelating?

Scope

Deze sectie behandelt de materieeltoelatingsactiviteiten van de Infrabeheerder, welke bestaat uit Baan Trein Integratie. De materieeltoelatingsactiviteiten van de vervoeder zijn beschreven in sectie A.e.1 “Materieeltoelating en operationele inzet”.

Materieeltoelating en Baan Trein Integratie

Treintoelating is essentieel om de technische compatibiliteit te waarborgen van het gecombineerde trein/ baan systeem. Dit geldt voor alle technische aspecten tussen infra en materieel. Voor het ERTMS deel wordt dit “Baan – Trein Integratie (BTI) genoemd. Baan-Trein Integratie is voor alle ERTMS levels van belang.

Ontwikkelingen op het gebied van Baan Trein Integratie

- Vereenvoudiging en verdere automatisering is een voorwaarde om de kosten en doorlooptijd te reduceren BTI is nodig voor zowel level 1, level 2 als level 3.
- Er een tendens om de BTI testen in een laboratorium uit te voeren in plaats van op de baan. In het kader van het “4e Spoorpakket” zijn door “Brussel” voorstellen gedaan voor aanpassingen in het materieel toelatingsproces. ProRail is via de EIM en I&M betrokken bij het becommentariëren van deze voorstellen.
- Er is een Europese beweging gaande om voor BTI meer gebruik te gaan maken van “Cross Acceptance”. Testen die in het buitenland zijn gedaan, hoeven dan niet meer in Nederland te worden uitgevoerd (en omgekeerd). ProRail is hier in Europees verband bij betrokken.

Bijlage A vereenvoudigen Baan Trein Integratie gaan in op de mogelijkheden om BTI te vereenvoudigen.

Referenties

- TSI Command, Control and Signalling, details nog nader in te vullen
- www.prorail.nl/Vervoerders/Infrastructuur/Pages/Beveiligingencommunicatie.aspx
- Regeling Indienststelling Spoorvoertuigen , details nog nader in te vullen
- RLN00295

A.f Materieeldeelparken

Definities

Definitie van een deelpark
De definitie van een deelpark is “een deel van de treinen binnen een materieelserie (dat is: een type trein, bijvoorbeeld de VIRM)”. Dat deel van die treinen is uitgerust met een bepaald kenmerk zodat het op een deel van het netwerk kan of moet rijden. Het is dus niet “een materieelserie”. Als alle treinen van een materieelserie worden uitgerust met ERTMS is er geen sprake van een deelpark.

Ombouw
Het gaat in deze sectie om het voorzien van treinen van ERTMS, zodat zij beschikken over een duaal systeem: ATB èn ERTMS. Het gaat dus niet om het uitfaseren van ATB.

Omschrijving van de feiten

Beschrijving huidige situatie
De huidige situatie is, dat alle treinen van NSR zijn voorzien van hetzelfde beveiligingssysteem – ATB –, zodat alle treinen overal in het concessiegebied van NSR (het hoofdrailnet) kunnen rijden zonder dat men bij planning en bijsturing hoeft op te letten of de betreffende trein van het juiste systeem is voorzien.
Deelparken komen en kwamen in het huidige bedrijf wel voor, bijvoorbeeld vanwege een regionale branding (Zwolle-Kampen, Zutphen-Apeldoorn) of snelheid (Zwolle-Emmen) of energievoorziening (diesel of elektrisch).
Deelparken beperken de inzet van materieel op korte en lange termijn en brengen ook andere – hierna te beschrijven – operationele risico’s en kosten mee.

Het inzetmodel
In tegenstelling tot veel buitenlandse spoorwegmaatschappijen heeft NS een vrij gecompliceerd inzetmodel voor treinstellen in de dienstregeling. In het buitenland komt het principe van lijnsgewijze exploitatie vaak voor. Dit betekent dat treinstellen op een vast traject worden ingezet en de hele dag pendelen tussen begin- en eindpunt op dat traject. Bij het inzetmodel van NS is dit niet het geval. De reden hiervoor is dat dit grote bedrijfseconomische voordelen meebrengt – het materieelpark kan hierdoor aanzienlijk kleiner van omvang zijn. Bedrijfseconomische optimalisatie is voor NS als uitvoerder van de HRN-concessie voor eigen rekening en risico noodzaak. Ook omdat op diverse locaties schaarste aan infrastructuur is, en treinen simpelweg niet kúnnen keren, worden trajecten veelvuldig aan elkaar gekoppeld zodat treinstellen van a naar b rijden waarna ze vervolgens vanuit b op een ander traject dienst doen. Dit betekent vanuit het oogpunt van ERTMS-only in de infrastructuur het volgende:

> *Stel dat er 6 treinstellen nodig zijn om 2 x per uur een intercity tussen Amsterdam en Den Haag te rijden, dan zijn er 3 aangepaste treinstellen nodig om 1 x per uur in beide richtingen te rijden. Dit is alleen het geval als het treinstel bij aankomst in Den Haag na kering weer dienst doet als intercity naar Amsterdam. Indien er op de eindpunten sprake is van doorkoppelingen naar andere intercitytrajecten, dan waaieren de 3 stellen uit over de rest van het intercity-netwerk en zijn er dus per saldo meer aangepaste treinstellen nodig om 1 x per uur op het intercity-traject Amsterdam-Den Haag te rijden met ERTMS only.*

Behalve aannames over hoeveel treinen en welk type treinen NS wil gaan rijden over het gehele netwerk, moeten er dus ook aannames worden gedaan hoe de verschillende lijnen op begin- en eindpunten van de trajecten aan elkaar gekoppeld worden.
Dit inzetmodel brengt mee dat het lastiger te besturen is. Indien het inzetmodel zo is gepland dat er op een ERTMS treintraject elk uur een intercity rijdt, dan is dit in de uitvoering niet altijd te garanderen: omdat de treinstellen planmatig over meerdere trajecten uitwaaieren, is de kans groter dat de uitvoering van de treindienst niet volgens plan verloopt. Als er in Groningen een verstoring is aan infrastructuur of materieel, kan dit tot in Maastricht gevolgen hebben doordat lijnen zijn doorgekoppeld.

Beschrijving nieuwe situatie / mogelijkheden ERTMS
Bij ERTMS-only kunnen alléén treinen worden ingezet die voorzien zijn van ERMTS. De niet aangepaste treinen kunnen ook niet op de betreffende baanvakken ingezet worden. Indien NSR in deelparken zou gaan rijden, kan al op baanvakken met ERTMS-only worden gereden zonder dat alle treinen zijn voorzien van ERTMS. De vraag is, of er wordt gevraagd om een permanent deelpark, dan wel naar de mogelijkheid om alvast met een omgebouwd deel van de vloot, in afwachting van de totale ombouw, onder ERTMS te gaan rijden.

Effect op de doelstellingen, verbetering t.o.v. huidig
Het gewenste effect van rijden met deelparken is:

- Dat het mogelijk is om eerder onder ERTMS-only te kunnen rijden.
- Slechts een (eventueel) een deel van de vloot om te bouwen (dit heeft een positief effect op de kosten en doorlooptijd).

Impact gebruiksprocessen bij implementatie
Bepaling van de omvang van een deelpark:

- Treinen worden ingezet op basis van lijnvoeringen, die zijn ingegeven door klantwensen. Over een bepaald baanvak kunnen meer treinseries rijden. Op basis van de vraag, welk baanvak het betreft, welke treinseries daar rijden en welke materieeltypes, kan worden bepaald hoeveel treinen van welk type een ERTMS-deelpark vormen.
  Op sommige corridors rijden zo veel treinseries en materieeltypes, dat de omvang van een deelpark zeer groot moet zijn om de corridor te bedienen. Hierbij moet er op worden gelet dat bepaalde treinseries aan elkaar worden gekoppeld. Soms wordt dit ingegeven door commerciële eisen (als een trein zou keren, zou dat betekenen dat hij lang stil staat, hetgeen geen optimale inzet is) maar vaak ook omdat perronspoorcapaciteit zo klein is dat er geen gelegenheid is om te keren. De trein moet dan doorrijden. (voorbeeld: er is een treinserie Rhenen – Amsterdam, een andere serie Amsterdam – Uitgeest en een derde serie Uitgeest – Rotterdam. Deze series worden aan elkaar geplakt, omdat dit in Amsterdam bedrijfseconomisch gunstiger is, en de trein rijdt in Uitgeest door naar Rotterdam omdat er geen perronspoorcapaciteit is om te keren.
- De omvang van een deelpark wordt afgestemd op het aantal noodzakelijke treinen (maximale materieelinzet) om de dienstregeling mee te kunnen rijden, plus een opslag voor een reservepark(-je) voor operationele en strategische flexibiliteit. Dat betekent dat deze treinen worden onttrokken aan de rest van het park, en dat er dus meer treinen nodig zijn dan wanneer er één park bestaat.
- Indien het aantal treinen met ERTMS groeit, en er dus in de loop van de tijd meer mogelijkheden voor meer deelparken ontstaan, kan NSR Logistiek dit elk wijzigingsblad tot een aparte omloop maken.

Impact op de planning:

- De planning van materieeltypes geschiedt o.a. aan de hand van bezettingsgraad of marktwensen. De planning wordt regelmatig (meer dan jaarlijks) aangepast. Indien niet alle treinen zijn voorzien van ERTMS kunnen niet uit alle treinen worden gekozen bij de bepaling van welke treintype waar rijdt. Dit betekent dat minder optimaal kan worden ingespeeld op de marktwens, en dat er dus met een te grote of een te kleine trein wordt gereden.
- Daarnaast hebben we ook nog te maken met kortdurende en langdurende werkzaamheden die een impact kunnen hebben op de materieelbehoefte op een bepaalde lijn. Stel dat we voor een wijzigingsblad voldoende materieel hebben om op de ERTMS baanvakken te rijden, dan kan het gebeuren dat we (bijvoorbeeld als gevolg van een ombouw) een wijzigingsblad later meer materieel nodig hebben omdat er andere series aan elkaar gekoppeld worden. Maar ook binnen een wijzigingsblad is het mogelijk dat de materieelbehoeftes per serie fluctueren als gevolg van werkzaamheden in de weekenden.
- Voor de personeelsplanning zal kritisch gekeken moeten worden naar het inzetgebied. Nu rijden bij alle standplaatsen op bijna alle series. Op het moment dat er dedicated series komen waar alleen opgeleid personeel mag rijden, gaat dit ten koste van de flexibiliteit en kost het dus per saldo meer personeel (machinisten en wellicht Hoofd Conducteurs HC's). Tevens zal aandachtig gekeken moeten worden hoe tijdens de transitiefase de impact op het lusten en lasten model is.
- Overbrengen materieel naar het onderhoudsbedrijf : Stel de lijn Zwolle Groningen wordt ERTMS-only maar de ICM is nog niet voorzien, dan betekent het dat dit materieel niet meer door het onderhoudsbedrijf in Onnen kan rijden.

Impact op de exploitatiekosten:

- Bij de bepaling van het deelpark is van belang waar het onderhoud van de betreffende treintypes plaatsvindt. Als het treintype ver weg van de onderhoudslocatie wordt ingezet, moet het veel kilometers maken, voor het de onderhoudslocatie bereikt. Dit is enerzijds niet goed voor de beschikbaarheid van de treinen (de aan- en afvoertijd is lang), en anderzijds brengt het hoge exploitatiekosten mee (lege bakkilometer).
- Op opstellocaties moet meer rangeerwerk plaatsvinden. Dit betekent dat er meer vrije ruimte op een opstelterrein moet zijn, en het betekent hogere exploitatiekosten.
- De materieelbehoefte zal als gevolg van deelparken toenemen, en dus is er meer opstelcapaciteit nodig.

- NedTrain heeft op opstelterreinen ruimte nodig om verschillende processen te kunnen uitvoeren, en om treinen in de juiste volgorde klaar te zetten voor de opstart van de treindienst. Hoe meer verschillende treintypes er staan, hoe lastiger de puzzel is en hoe meer ruimte er nodig is om de treinen in een goede volgorde op een logische plek te kunnen plaatsen. Samengevat: Het opstellen van meerdere typen materieel (met en zonder ERTMS) betekent dat de flexibiliteit voor NedTrain op een specifiek terrein zal afnemen, en daarmee ook de netto beschikbare opstelcapaciteit.

Impact op de bijsturing:

- Indien een trein in een bijstuursituatie een nieuwe machinist of HC behoeft, kan niet elke machinist of HC worden gekozen. Er moet een voor ERTMS opgeleid personeelslid beschikbaar zijn. Dit betekent minder flexibiliteit in de personeelsinzet in de bijsturing, en ook dat het risico bestaat dat er geen opgeleid personeelslid beschikbaar is op de locatie waar de bijstuuractiviteit plaatsvindt.
- Indien bij wege van vergissing een niet-omgebouwde trein op een ERTMS-baanvak zou komen te rijden, dan ontstaat er een technische blokkade met vertraging tot gevolg.
- Op een normale dag rijdt circa 80% van het materieel volgens het oorspronkelijke plan. Circa 20% van het materieel rijdt op een andere lijn dan oorspronkelijk gepland. Dit betekent dat in beginsel 20% van het met ERTMS uitgeruste materieel niet in de geplande omloop op ERTMS-infra zou rijden.

Ervaringen en ontwikkelingen om ons heen

Ervaring met deelparken voor ERTMS in het binnenland zijn er niet.
Belangrijk is, dat een trein die niet van ERTMS is voorzien, absoluut niet op een ERTMS-only-baanvak kan rijden.

Kansen en risico's

- De inzet van materieeldeelparken door NSR heeft impact voor de materieelinzet, materieelonderhoud, opleiding en inzet van personeel, bijsturingsmogelijkheden van treinen en personeel en ook op de kwaliteit van de uitvoering van de treindienst. Deze impact moet worden afgewogen tegen de meerwaarde van ERTMS only in de infrastructuur voordat al het materieel is voorzien van ERTMS.
  Afstemming van het moment van ombouw treinen en infra is van groot belang.
- Indien zou worden overwogen niet al het materieel om te bouwen naar ERTMS en permanent in deelparken zou worden gereden, moet voor de business case worden afgewogen of de kostenbesparing die hierdoor wordt gerealiseerd, opweegt tegen de eerder beschreven (kosten van) impact op de operatie en de risico's.
- Bij de inzet van deelparken zullen zich operationele problemen in de planning en bijsturing voordoen die consequenties hebben voor de reizigers.

Referenties

Bronvermelding

- Actieplan snelheidsverhoging d.d. 4 juli 2013, ref. TK-nr-29893-151

Deel B
Railmap doelen

B.1.a Systeemkenmerken: veiligheid op de vrije baan en emplacementen

Relatie met doelen	
Hoofddoel	1: Veiligheid
Subdoelen	1.1 Verhogen veiligheid personeel en treinreiziger 1.2 Verhogen veiligheid omgeving

Definities

Berichten aan machinisten voor verbetering besturing
Als een systeem beschikbaar is om adviessnelheden mee te berekenen, dan kan dit systeem worden gevoed met de actuele snelheid/plaatsinformatie van de trein. De adviessnelheden kunnen continu aan de trein gecommuniceerd worden. Verwezen wordt naar sectie A.c "ERTMS in relatie tot optimalisatie besturing en bijsturing" waarin dit aspect verder wordt beschreven omdat dergelijke communicatie het met name daarvoor bedoeld is. Hiermee worden conflicten voorkomen, de spreiding in de uitvoering verkleind, kans op roodseinnaderingen en STS-passages verkleind en kan zo ook de veiligheid worden vergroot. Dit is een “niet-intrinsieke” functionaliteit van ERTMS.

Invloed van beveiligingssystemen op het aspect veiligheid

In onderstaande tabel is weergegeven in welke mate specifieke veiligheid gerelateerde scenario’s gemitigeerd kunnen worden. De inhoud van de tabel is niet een oordeel over de veiligheid van de systemen. De veiligheidsimpact van de ERTMS varianten is aangegeven ten opzichte van de ATB systemen.

Deze tabel geeft een hoog abstractieniveau weer waardoor maatgevende details met betrekking tot de verschillende veiligheidsniveau’s van de drie ERTMS levels verloren gaan. Voor dergelijke details wordt verwezen naar de tabel in de bijlage van deze sheet.

Omschrijving van de feiten

De veiligheid van de reizigers en het personeel op de trein kan met ERTMS worden verbeterd ten opzichte van ATB EG (voor detailuitwerking zie tabel in de bijlage). ERTMS heeft de volgende veiligheidsverbeteringen:

1. snelheidsbewaking onder de 40 km/uur waar deze niet nu onder NS’54 met ATB EG niet wordt bewaakt
2. afname van STS passages door remcurvebewaking en remingreep bij STS passage.
3. kunnen aanbrengen van Tijdelijke Snelheids Beperkingen (TSB)
4. verbetering van besturing en elimineren van zgn. ‘veiligheids kritische activiteiten (VKA)’.

De veiligheidsverbeteringen ten opzicht van de huidige situatie zijn hieronder verder toegelicht.

1) Snelheidsbewaking onder de 40 km/uur

Onder ERTMS level 1, 2 en 3 kan de snelheid bewaakt worden bij waardes onder 40 km/u (intrinsieke ERTMS functionaliteit). Het kan gaan om werkzaamheden[5] waarbij werktreinen niet te hard mogen rijden. Onder ATB kan een dergelijk lage snelheid niet worden afgedwongen omdat bij ontbreken van ATB code de snelheidslimiet op 40 km/uur ligt. Onder ERTMS kan dit technisch worden afgedwongen omdat dit een inherente ERTMS eigenschap is.

[5] Hierbij moet bedacht worden dat het van de aard van werkzaamheden afhangt of het beveiligingssysteem en de baangebonden detectie volledig functioneel zijn omdat de werkzaamheden ook betrekking kunnen hebben op die systemen, die dan zijn uitgeschakeld. Indien ERTMS actief is, kan via remcurvebewaking bij werkzaamheden waar dat verplicht is, worden afgedwongen dat werktreinen niet harder rijden dan bv. 20 of 30 km/uur.

2) STS passages

Bij ERTMS level 1 wordt het interpreteren van buitenseinen door de machinist ondersteund door cabineseingeving en bewaakt door remcurvebewaking. ERTMS level 1 kent eenzelfde risico profiel als ATB-Vv voor de situatie “vertrek door rood”.

In Level 2 en 3 wordt het interpreteren van buitenseinen door de machinist volledig vervangen door cabineseingeving en bewaakt door remcurvebewaking. Het rijden zonder autorisaties voorbij gevaarpunt afdekkende Stopmerkborden worden daardoor onmogelijk gemaakt. STS passages zullen onder ERTMS level 2 en 3 blijven optreden bij losse wagons die rollen en als gevolg van situaties waarbij een treindienstleider een ‘sein herroept’. Onduidelijk is hoeveel STS passages blijven optreden als gevolg van ‘glad spoor’ .

	ATB			ERTMS		
	EG	VV	NG	L1	L2	L3
Vrije baan	-	0	+	+	++	++
Emplacement	-	0	+	+	++	++
Omgeving	-	0	+	+	++	++

ERTMS zal leiden tot een aanzienlijke reductie van de kans op stop-tonend-sein passages.

Onveilige situaties kunnen worden voorafgegaan door Rood Sein Naderingen (RSN). Dit zijn situaties waar een trein op ongebruikelijke (niet geplande) locaties remt dan wel stopt. Door ERTMS zal naar verwachting ook het aantal RSN-naderingen afnemen doordat betere info over positie / snelheid van treinen beschikbaar is waardoor de be- en bijsturing kunnen worden geoptimaliseerd.

Het blijft bij level 1 mogelijk de huidige aanpak onder ATB te gebruiken waarbij de treindienstleider een aanwijzing geeft aan de machinist van betreffende treinen (zie ook de opmerkingen over VKA).

3) Tijdelijke Snelheidsbeperkingen (TSB)

Algemeen

- Zodra het gaat om aanwijzingen van de treindienstleider aan de machinist geldt dat ERTMS level 2 en 3 mogelijkheden biedt om TSB’s te ondersteunen door deze via GSM-R-berichten te versturen en de Movement Authority (afstand/snelheidsprofiel) aan treinen aan te passen. Dit kan met snelheidsstappen van 5 km/h. Het verzenden van een TSB naar een trein in ERTMS level 1 vereist dat het betreffende bericht wordt verstuurd vanuit een balise. Een dergelijke balise met het juiste bericht moet dan op de juiste positie aanwezig zijn. Omdat in het algemeen niet bekend is wanneer en vanaf waar er reden is om een TSB af te geven, is het in ERTMS level 1 niet praktisch om het afgeven van TSB’s te ondersteunen. In praktijk betekent het dat ERTMS de functionaliteit van het aanbrengen van TSB’s via het systeem niet ondersteunt en ERTMS level 2 en 3 wel.
- ERTMS Level 1: het systeem maakt geen onderscheid in treincategoriën. Indien (ondanks boven genoemde beperkingen) in level 1 er wel TSB’s worden afgegeven, dan krijgen reizigerstreinen en goederentreinen dezelfde TSB; onder NS’54/ATB wordt dat onderscheid tussen reizigerstreinen en goederentreinen nu wel gemaakt en wel via gebruik van zogenaamde ‘L-A-E seinen[6]. Omdat de snelheidsteruggang bij reizigerstreinen i.h.a. minder stringent kan zijn dan bij goederentreinen leidt level 1 in dit opzicht tot enig onnodig capaciteitsverlies (omdat de reizigerstreinen de lagere TSB snelheid van de goederentreinen opgelegd zouden krijgen) en daarmee tot achteruitgang ten opzichte van de huidige situatie.
- Het communiceren van TSB’s vereist in level 1 het aanbrengen van balises met het juiste bericht in de infra. Je moet dan wel eerst bepalen waar je deze balise precies moet plaatsen (engineering door een IB) en dit plaatsen vereist een buitendienststelling en het programmeren van de balise (plus testen en vrijgave). Een andere optie bij level 1 is geen gebruik te maken van een nieuwe balise met een specifiek bericht, maar het bericht toevoegen aan een bestaande Level-1 balises. Dat vereist echter aanpassing van het bericht dat die

[6] L-A-E seinen zijn aparte seinen die de machinist informeren over snelheidsbeperkingen; L (Langzaam) geeft de nieuwe snelheid weer en met de seinen A (Aanvang) en E (Einde) wordt de precieze locatie aangeduid. Vandaag de dag brengen we TSB’s alleen aan in de ATB als de TSB snelheid lager is dan de helft van de “normale” snelheid. De ATB code wordt dan teruggebracht tot “40 km/h” en slechts gegeven in het eerste stukje spoor (sectie) na het L-bord. Het daarachter liggende spoor houdt de normale ATB code.

balise ontvangt vanuit de beveiliging, wat vrij omslachtig is omdat het locatie specifieke engineering, installatie, test en vrijgave vereist.
- In ATB-EG worden TSB's nu via borden/seinen naar treinen doorgegeven. Het is bij level 1 mogelijk om een TSB enkel en alleen met borden te ondersteunen, maar het niet doorgeven van de TSB in ERTMS gaat in tegen het beginsel dat een machinist met ERTMS op cabineseingeving rijdt en alle maximum snelheden worden bewaakt. Voor TSB's zou dan een specifieke uitzondering worden gemaakt.
- ERTMS level 2 en 3 is het dankzij de continue radioverbinding met treinen mogelijk snelheidsbeperkingen automatisch door te geven. De TSB wordt dan in de Movement Authority aan de trein worden verwerkt die in level 2 en 3 via de radio naar de trein wordt gestuurd. Ook wordt in L2/L3 onderscheid gemaakt naar treincategorie, zoals dat in NS'54 ook gebeurt (maar dan d.m.v. L-A-E seinen, zie bij de omschrijving bij 'level 1 en bijbehorende voetnoot).

Verbetering van besturing en elimineren VKA's
Als er een systeem beschikbaar is als functie in de besturingslaag[7] (VPT), waarmee adviessnelheden aan treinen kunnen worden berekend, en dergelijke informatie zou continu aan de trein worden gecommuniceerd, dan kan dat leiden tot optimaler gebruik van de infra. Naast allerlei capaciteitseffecten, en mogelijke energiebesparingseffecten, zou het ook kunnen leiden tot afname van Rood Sein Naderingen (RSN) en daarmee tot verhoging van de veiligheid. Ook kunnen in de besturingslaag een aantal Veiligheids Kritische Activiteiten (VKA's) van treindienstleiders worden geëlimineerd door nieuwe automatische functies in het systeem onder te brengen. Dat verhoogt de veiligheid omdat menselijke communicatie (tussen machinist en treindienstleider) gevoelig is voor fouten, maar minstens even belangrijk is dat het de treindienstleider zal ontlasten waardoor deze meer tijd heeft om de verkeerststromen te managen. In de bijlage is een lijst opgenomen van VKA.

Veiligheidsrisico's die bij ERTMS blijven bestaan

Herroepen sein / aanpassen autorisatie
- Het "in de stand stop" terugbrengen van een sein kan op twee manieren worden *geïnitieerd*:
  1. Door de treindienstleider via Procesleiding
  2. Automatisch door de IXL en/of RBC vanwege het wegvallen van één of meer veiligheidsvoorwaarden voor de veilige rijweg (o.a. wissel uit de controle, spontane sectiebezetting, etc.
- **Level 2 en 3**: Waar het om acute redenen noodzakelijk is een afgegeven autorisatie in te trekken of aan te passen, kan dat in level 2 en3 continu naar de trein(en) op betreffende baanvak. Dit is analoog aan de functie van NS'54 met ATBEG.
- **Level 1**: Het intrekken van een afgegeven Movement Authority naar een trein onder level 1 is uitsluitend mogelijk door vanuit een switchable balise een dergelijk bericht door te geven. Het intrekken van een MA in Level 1 is een standaard functie. Echter vanwege de discontinue overdracht in L1 kan zo'n bericht pas door de trein worden ontvangen zodra de trein de balise passeert.

Operationele veiligheid
Veiligheid wordt deels bereikt door de treindienstleider te informeren over positie en snelheid en eigenschappen van het materieel. In huidige situaties is dat (m.n. op de vrije baan) slechts beperkt mogelijk. Waar externe risico's (spoorlopers, bermbranden, enz.) aan de orde zijn en communicatie via trein-dienstleider en machinist verloopt, kan extra informatie bepalend zijn voor het veiligheidsniveau. ERTMS level 2 en 3 leveren de treinsnelheid en positie informatie continu via het ERTMS statusbericht. Daarmee weet de trdl beter voor welke treinen de info relevant is. Uitgezocht moet worden of hier een behoefte bestaat in kader van be/bijsturing, welke dat precies is en wat de relatie met ERTMS is.

Berichten n.a.v. externe detectoren
Onder ERTMS is het goed mogelijk om informatie te communiceren van wal naar trein die afkomstig is van detectoren in de baan, denk aan Hot-box detectoren, aslast detectoren, Tunnel-Technische Installaties enz. Het gaat hier om informatie naar de machinist. Bij level 1 vereist dit een balise in de baan die zich op een specifieke locatie bevindt; het verzonden bericht bereikt dan ieder trein die deze balise passeert. In Level 2 en 3 kan het bericht direct na het

[7] Opgemerkt wordt dat dergelijke besturingsfuncties niet intrinsiek zijn aan ERTMS. Omdat ERTMS wel de positie en snelheidsinformatie van treinen real-time kan leveren, is er een relatie tussen een dergelijke functionaliteit en ERTMS en er is, zoals gezegd, een relatie tussen deze functie en de spoorwegveiligheid. Het is een voorbeeld van de functionaliteit van het grotere 'Traffic Management Systeem'. Dit is een voorbeeld hoe dat systeem mede dankzij ERTMS een 'systeemsprong' zou kunnen ondergaan. Voor een inhoudelijke toelichting wordt verwezen wordt naar de sectie A.c "Mogelijkheden voor optimalisatie besturing" waarin dit aspect verder wordt beschreven.

waarnemen door de detector naar betreffende trein worden gestuurd, zonder tussenkomst van treindienstleider en machinist. Dit voorkomt menselijke fouten waardoor de veiligheid verhoogd wordt. Voorwaarde daarbij is wel dat deze externe detectoren een hoog betrouwbaarheidsniveau hebben zodat “valse meldingen” met een acceptabele frequentie voorkomen.

Staff Responsible Mode en rangeren
ERTMS bewaakt nominaal gesproken de snelheid over het gehele snelheidsbereik onder Full Supervision mode. Alleen onder bepaalde omstandigheden (onbeveiligd gebied, rangeergebied, oprijden na opstarten), kan het noodzakelijk zijn dat de machinist de verantwoordelijkheid overneemt. Remcurvebewaking is dan niet actief en uitsluitend maximum snelheid wordt begrensd. In dat geval kunnen menselijke fouten nog leiden tot aanrijdingen, open rijden van wissels, ontsporen e.d. 8). De functionaliteit van ERTMS is in die situaties vergelijkbaar met die van ATB EG.

Geduwd rangeren
Situaties waarbij geduwd[9] rangeren plaatsvindt (bv goederentrein rijdt een raccordement10 op en gaat later vanaf dat raccordement geduwd terug naar het hoofdspoor) vereisen aanvullende maatregelen buiten ERTMS om de veiligheid te garanderen. Omdat de ERTMS apparatuur zich uitsluitend in de locomotief bevindt en het beveiligingssysteem rekent met de voorzijde van de locomotief en er geen rekening mee kan houden dat er zich voor de locomotief wagens bevinden, kan het voorste punt van de treinsamenstelling niet door ERTMS worden bewaakt. Dat deel kan dus onbedoeld op de hoofdbaan terechtkomen. Hier is geen onderscheid tussen level 1, 2 en 3. Om dit op te lossen kan (zoals bij NS’54 met ATB EG) gedacht kan worden aan oplossingen in de infrastructuur, zoals het aanbrengen van flankdekking (gekoppelde wissels toepassen) in combinatie met ‘veiligheidskopjes’.

Invoeren treinparameters
Het invoeren van treinparameters is nieuwe functionaliteit die o.a. met procedures is beschermd tegen het maken van menselijke fouten. Het restrisico, dat altijd overblijft, is op EU-niveau via de ERTMS standaard geaccepteerd.

- In ERTMS wordt o.a. de remcurve bepaald door het model aan boord van de trein. Het model is Europees gestandaardiseerd waarbij de een aantal (variabele) parameters materieelspecifiek / treinspecifiek moeten worden ingevoerd. Enerzijds gaat dat om vaste parameters die eenmalig goed moeten worden geconfigureerd, zoals de locatie van de baliselezer onder de trein. Anderzijds om waarden die per trein opnieuw moeten worden bepaald en ingevoerd (o.a. rempercentage en lengte). Na onderhoud aan het remsysteem moeten deze parameters worden aangepast conform de daadwerkelijke remprestaties (zoals dit ook bij ATB EG en ATB NG het geval is).
- Met name bij goederentreinen is het feitelijke remgedrag mede afhankelijk van de samenstelling van de trein. De ERTMS specificatie houdt daar rekening mee. Er zit in de ERTMS specificaties geen mitigerende maatregel tegen invoerfouten van de machinist.
- Reizigerstreinen zijn zelf intelligent genoeg om hun eigen parameters te bepalen waardoor de machinist weinig tot niets hoeft in te voeren. De meeste leveranciers van ERTMS treinapparatuur hebben plausibiliteitscontroles in hun apparatuur ingebouwd om grove invoerfouten van de machinist te voorkomen.
- In Level 2 wordt de lengte van de trein gebruikt om te bepalen wanneer de “staart” van de trein geheel uit een snelheidsbeperking is alvorens de trein toestemming krijgt om te gaan versnellen. Voor level 3 geldt dat de lengte van de trein ook wordt gebruikt om te bepalen of de infra achter de trein weer vrijgekomen is.

[8] Bij opstarten na verlies radiocontact dient de trein in Staff Responsible Mode op te rijden naar de eerstvolgende balise om de exacte positie op te halen.

[9] Ook bij achteruitrijden in “shunting” mode treedt dit effect op. Onder “full supervision” is het niet mogelijk achteruit te rijden. In ERTMS mode “reversing” is wel mogelijk achter uit te rijden.

[10] Een raccordement is een spoorweg, die niet bestemd is voor openbaar vervoer van personen of goederen en die aansluit op de openbare spoorweg. Op een raccordement bedraagt de snelheid doorgaans ten hoogste 30 km/h. In Nederland vallen raccordementen onder het Reglement op de Raccordementen 1966.

Werkmaterieel dat niet voorzien is van ERTMS
Onderhoudsvoertuigen die zelfstandig kunnen en mogen rijden op spoor dat in dienst is, moeten ook zijn voorzien van ERTMS. Aangezien deze voertuigen vaak speciale constructies hebben, zal het fysiek niet altijd mogelijk zijn om daar ERTMS in te bouwen (vergelijkbaar met huidige situatie waarin ATB moet zijn ingebouwd). Voor deze categorie voertuigen zal (net als nu) gelden dat ze met een krachtvoertuig op indienstzijnd spoor moeten worden overgebracht. Nader moet worden geanalyseerd welke onderhoudsvoertuigen wel of niet van ERTMS kunnen worden voorzien.

Nieuwe operationele procedures
Het invoeren van nieuwe systemen leidt tot nieuwe vormen van storingen met nieuwe risico's t.a.v. functieherstel, het veilig opstarten en het op een veilige manier op een gedegradeerd niveau kunnen blijven rijden. Voordat het systeem in dienst gaat, wordt er daarom een uitgebreide safety case opgesteld waar ook de processen voor (tijdig) functieherstel deel van uitmaken. Er zullen zich dus bij een indienststelling geen verassingen mogen voordoen.

Referenties

[1] Programmaboekje In samenspel naar een vernieuwd Nederlands spoor
[2] Handboek Treindienstleider – VL regelgeving; uitgave december 2012
[3] STS passages 2011 – analyse en resultaten over de periode 2007 -2011, ILT, 18 juni 2012, status definitief.

Bijlage 1: overzicht effecten ERTMS op Veiligheid

Onderstaande lijst is gebaseerd op de inventarisatie van (37) oorzaken STS-en ende VMS totaaltabel met de inventarisatie veiligheidsrisico's van ProRail

- **Niet** meegenomen zijn veiligheidsaspecten m.b.t.: elektrocutie, infrabrand door oorzaak vanuit spoorsysteem, brand in omgeving en tunnel, val van reiziger tussen trein en perron of val in transfer (roltrap, lift enz)
- **Voor ERTMS L2 en L3 geldt tenzij anders vermeld steeds als uitgangspunt: Mits toegepast zonder buitenseinen**
- **Voor wat betreft VWI geldt dat een bij het beveiligingssysteem passende arbeidshygiënische strategie moet worden ontwikkeld en nageleefd**

Risico	**ATB(-Vv)**	**ERTMS L1 / ATBNG**	**ERTMS L2**	**ERTMS L3**	**Intrinsiek: Genoemd aspect is onderdeel van ERTMS**	**Randvoorwaardelijk om doelstelling te bereiken:**	**Meelifter: Verbetering van dit aspect vraagt aanpassing buiten de scope van systeemketen**
Aanrijdingen incl. STS passage oorzaak							
remcurvebewaking vs. ATB	Mcn interpreteert seinen en borden. ATB ondersteunt in discrete veiligheidsstappen. ATB-Vv levert remcurve- bewaking.	Mcn interpreteert seinen. ERTMS levert continu remcurvebewaking behalve bij "koude start" omdat eerst een balise moet worden gepasseerd.	Mcn rijdt op cabineseingeving. ERTMS levert continu remcurvebewaking behalve bij "koude startwaarbij geen "cold movement" informatie beschikbaar is.	Mcn rijdt op cabineseingeving. ERTMS levert continu remcurvebewaking behalve bij "koude start" waarbij geen "cold movement" informatie beschikbaar is.	Ja	Cold movement detectie in de trein	n.v.t.
Cabine signalering versus buitenseinen	Enkel buitenseinen	Buitenseinen en cabineseinen	Cabineseinen en enkele borden	Cabineseinen en enkele borden	Ja	n.v.t.	n.v.t.

Nieuwe risico's veroorzaakt door ERTMS?	n.v.t.	• Security • Data invoer	• Security • Keymanagement • Data invoer	• Security • Keymanagement • Data invoer • Treinintegriteit • Geen detectie van voertuigen zonder ERTMS	Ja	n.v.t.	n.v.t.
Risico's	**ATB(-Vv)**	**ERTMS L1 / ATBNG**	**ERTMS L2**	**ERTMS L3**	**Intrinsiek: ERTMS**	**ERTMS randvoorwaardelijk**	**Meelifter ERTMS**
-glijden van treinen, incl glad spoor	Wordt niet afgedekt.	Geen 100% vangnet maar wel verbetering door "Glad spoorknop". Kan door mcn of door balise bericht worden aangezet.	Geen 100% vangnet maar wel verbetering door "Glad spoorknop". Kan door mcn of door RBC bericht worden aangezet.	Geen 100% vangnet maar wel verbetering door "Glad spoorknop". Kan door mcn of door RBC bericht worden aangezet	Voor "Glad Spoor knop" in Trein: Ja. Voor "Glad spoor bericht" in baan: Ja, mits baanbericht door treinbeveiligings syteem wordt geactiveerd.	Functionaris nodig die functie in de infra activeert. Glad spoor is geen primaire ERTMS functie.	n.v.t.
-onbedoeld rollen van treinen	Wordt niet afgedekt.	Ingreep door ERTMS indien trein beweegt in richting die niet overeenkomt met gekozen rijrichting. (Bij geen rijrichting gekozen: ingreep zowel bij vooruit als achteruit rollen)	Ingreep door ERTMS indien trein beweegt in richting die niet overeenkomt met gekozen rijrichting. (Bij geen rijrichting gekozen: ingreep zowel bij vooruit als achteruit rollen)	Ingreep door ERTMS indien trein beweegt in richting die niet overeenkomt met gekozen rijrichting. (Bij geen rijrichting gekozen: ingreep zowel bij vooruit als achteruit rollen)	Ja	n.v.t.	n.v.t.
Rollen "dom staal"	Wordt niet afgedekt.	Wordt niet afgedekt.	Wordt niet afgedekt.	Wordt niet afgedekt.	Ja	n.v.t.	n.v.t.
-conflictvrijplan	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

-betere info t.b.v. communicatie tussen mcn en trdl	Geregeld door procedures	Geregeld door procedures	Betere informatievoorziening mogelijk door continue infolevering over positie en snelheid van de trein.	Betere informatievoorziening mogelijk door continue infolevering over positie en snelheid van de trein.	Voor L2/L3: Ja voor informatie van trein naar baan	Informatie moet worden doorgeleid van baan naar treindienstleider. (Koppeling van ERTMS baan naar VPT)	Voor alle systemen geldt dat mcn bekend dient te zijn met de protocollen(incl taal) ter plaatse
Vertrekken door rood	ATBEG mitigeert dit niet, vangnet te regelen door ATB-Vv	Kans op een STS is gelijk aan die onder ATB EG. De remcurvebewaking beperkt de doorschietlengte	Remcurvebewaking	Remcurvebewaking	Ja	n.v.t.	n.v.t.
Snelheidsbewaking							
-individuele trein	40, 60, 80, 130**,** 140 km/h	Iedere max. snelheid mogelijk	Iedere max. snelheid mogelijk	Iedere max. snelheid mogelijk	Intrinsiek	n.v.t	n.v.t.
Risico's	**ATB(-Vv)**	**ERTMS L1 / ATBNG**	**ERTMS L2**	**ERTMS L3**	**Intrinsiek: ERTMS**	**ERTMS andvoor-waardelijk**	**Meelifter ERTMS**
-remgedrag trein	Opvolgen van remopdracht wordt gecontroleerd maar niet de mate van remmen. Beneden 40km/h ATB-Vv bewaking.	Remcurve wordt continu berekend en bewaakt.	Remcurve wordt continu berekend en bewaakt.	Remcurve wordt continu berekend en bewaakt.	Intrinsiek	n.v.t.	n.v.t.

-tijdelijke snelheidsbeperking	Zeer beperkte mogelijkheden om TSB in ATB te brengen.	Technisch kunnen TSBs worden ondersteund, praktisch niet uitvoerbaar. Vergt per situatie een nieuw ontwerp, implementatie en test (in buitendienststelling)	TSB opdrachten kunnen handmatig in het systeem worden ingevoerd en worden automatisch verwerkt. Vergt geen ontwerp en kan op ieder moment conform bijbehorende procedure worden ingevoerd.	TSB opdrachten kunnen handmatig in het systeem worden ingevoerd en worden automatisch verwerkt. Vergt geen ontwerp en kan op ieder moment conform bijbehorende procedure worden ingevoerd.	Intrinsiek voor trein	Voor L2/L3: vergt functionaliteit in RBC/IXL en vraagt beleggen van deze verantwoordelijkheid in de organisatie en systemen daarop aan te passen. Onderscheid te maken tussen "incidenten" en "geplande TSB's"	n.v.t.
-aanwijzingen van trdl	Zie TSB	Zie TSB	Zie TSB	Zie TSB	Zie TSB	Zie TSB	Zie TSB
Veilig rangeren							
Reizigerstreinen op centraal beveiligde emplacementen	Beveiligd door ATB / ATB-Vv	Kans op een STS is gelijk aan ATBEG. De Remcurvebewaking beperkt de doorschietlengte	Remcurvebewaking	Remcurvebewaking	Intrinsiek	n.v.t.	n.v.t.
Goederentreinen op beveiligde emplacementen	Beveiligd door ATB / ATB-Vv. Geduwd rangeren niet ondersteund.	Beperkte ondersteuning mogelijk. Geduwd rangeren niet ondersteund.	Meer ondersteuning mogelijk. Geduwd rangeren niet ondersteund.	Meer ondersteuning mogelijk. Geduwd rangeren niet ondersteund.	Intrinsiek. Restrisico blijft aanwezig.	n.v.t.	n.v.t.
Risico's	**ATB(-Vv)**	**ERTMS L1 / ATBNG**	**ERTMS L2**	**ERTMS L3**	**Intrinsiek: ERTMS**	**ERTMS randvoorwaardelijk**	**Meelifter ERTMS**
Treinen op niet beveiligde emplacementen	Max snelheid 40 km/h	Max snelheid onder "rangeren" instelbaar	Max snelheid onder "rangeren" instelbaar	Max snelheid onder "rangeren" instelbaar	Intrinsiek. Restrisico blijft aanwezig.	n.v.t.	n.v.t.
Vervoer gevaarlijke stof	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Calamiteit							
-herroepen sein /MA	Seinbeeld wordt direct in ATB code vertaald	"Seinbeeld" wordt aangepast bij passeren eerstvolgende balise.	"Seinbeeld" wordt direct in MA verwerkt. Na uitval radio verbinding duurt het nu maximaal 35 seconden (T_NVContact) voordat remingreep tot stilstand plaatsvindt.	"Seinbeeld" wordt direct in MA verwerkt. Na uitval radio verbinding duurt het nu maximaal 35 (T_NVContact) seconden voordat remingreep tot stilstand plaatsvindt.	Intrinsiek	n.v.t.	n.v.t.

Operationele veiligheid							
-Informatie voor machinist	Afhankelijk van lezen informatie langs de baan, ondersteund door ATB cabinesignalering	Minder afhankelijk van lezen informatie langs de baan maar nog steeds noodzakelijk om info langs de baan te lezen om over actuele informatie te beschikken. Meer informatie beschikbaar in cabine en remcurvebewaking. Discrepantie tussen DMI en buiteninfo. Lengte van de Movement Authority is beperkt als gevolg van gebrek aan informatie uit de interlocking	Bij Full Supervision geen afhankelijkheid van lezen informatie langs de baan. Meer informatie beschikbaar in cabine en remcurvebewaking.	Bij Full Supervision geen afhankelijkheid van lezen informatie langs de baan. Meer informatie beschikbaar in cabine en remcurvebewaking.	Intrinsiek	n.v.t.	n.v.t. Adviessnelheden
Risico's	**ATB(-Vv)**	**ERTMS L1 / ATBNG**	**ERTMS L2**	**ERTMS L3**	**Intrinsiek: ERTMS**	**ERTMS randvoor-waardelijk**	**Meelifter ERTMS**
-informatie voor trdl	Heeft info over spoorbezetting op emplacementen, niet op vrije banen.	Heeft info over spoorbezetting in ieder geval op emplacementen, op vrije banen vereist centraal brengen van decentrale spoorbezettingsinformatie.	Heeft info over alle spoorbezetting en: • Actuele treinsnelheid • Actuele treinpositie • ERTMS Level • ERTMS mode • Treinlengte • Maximum treinsnelheid • Tractie type • Aanwezige trein-beïnvloedings-systemen in trein	Heeft info over alle spoorbezetting. • Actuele treinsnelheid • Actuele treinpositie • ERTMS Level • ERTMS mode • Treinlengte • Maximum treinsnelheid • Tractie type • Aanwezige treinbeïnvloedings-systemen in trein • Treinintegriteit	Intrinsiek	Aanpassing VPT nodig om info bij trdl te laten krijgen.	

B.1.b Mogelijkheden voor verhogen overwegveiligheid

Relatie met doelen	
Hoofddoel	1: Veiligheid
Subdoel	1.4: Verhogen veiligheid op overwegen

Invloed van beveiligingssystemen op het verhogen overweg veiligheid

De onderstaande tabel is voor de verschillende beveiligingssystemen de grove impact op veiligheid aangegeven. De veiligheidsimpact van de ERTMS varianten is aangegeven ten opzichte van de ATB systemen.

Onder de aanname dat constant warning time haalbaar is, wordt onder ERTMS level 2 en 3 de veiligheid verhoogd.

	ATB			ERTMS		
	EG	VV	NG	L1	L2	L3
Constant warning time	0	0	0	0	+	+
Berijden open overweg	0	0	0	0	+	+

Omschrijving van de feiten

De mogelijkheden om met behulp van ERTMS de veiligheid bij overwegen te verbeteren zijn:

1) Verbeterde storingsafhandeling →van aanwijzing van treindienstleider aan machinist naar opdracht via ERTMS Dit kan in Level 1 beperkt en in Level 2 en 3 volledig. Haalbaarheid nog vast te stellen.
2) Constant warning time bij overwegen, alleen voor ERTMS level 2 en3 → haalbaarheid nog vast te stellen
3) Kans van het berijden van een open overweg kan in gevallen waar een overweg na een station ligt worden verkleind dankzij remcurvebewaking (dit geldt voor Level 1, 2 en 3)

1) **Aanwijzing[11] AKI/AHOB**

- Als bekend is dat een overweg gestoord is, en/of als deze minimaal 5 minuten dicht ligt wordt een aanwijzing AKI/AHOB afgegeven
  - Bij level 1 zou dat een balise vereisen die dan gevoed wordt door informatie over de betreffende overweg.
  - Bij level 2 en 3 kan een dergelijke aanwijzing worden gestuurd door het RBC. In beide gevallen wordt de snelheid van de trein door ERTMS begrensd.

2) ***Overwegveiligheid*** **–Constant warning time**

- Bij ERTMS level 2 en 3 wordt de positie en snelheid van iedere trein alsmede treinkarakteristieken (lengte, type) via GSM-R continu[12] beschikbaar gesteld aan het RBC. Daarmee wordt het mogelijk de aankondigingstijd van overwegen te verkorten voor de langzamere treinen, resulterend in gemiddeld kortere dichtligtijden (Constant Warning Time, CWT), met name op baanvakken waar treinen met verschillende maximale snelheden rijden. Er is op vergelijkbare wijze een verbetering mogelijk in de vertragingstijd bij stop-doorschakelingen. Dit verkleint het risico dat het wegverkeer de gesloten overweg negeert en de overweg passeert. Het vergroot tevens verkeersdoorstroming op overwegen. Het slalommen van wegverkeer leidt tot onveilige situaties, verlagen van dit risico leidt dus tot verhoging van de veiligheid. De benodigde ERTMS informatie van de trein wordt geleverd door de standaard ERTMS functionaliteit.
- Indien een overweg langer dan 5 minuten dicht ligt wordt deze gemeld als zijnde gestoord, zie boven. Het gevolg is dat treinen langzamer de overweg moeten naderen en moeten stoppen alvorens de overweg te mogen passeren. Hiermee wordt de overweg als ‘gestoord’ in stand gehouden. Indien CWT kan worden ingevoerd, dan wordt de locatie vanaf waar een trein zijn snelheid gaat minderen richting de overweg, afgestemd op de snelheid van deze trein waardoor dat effect ook wordt verkleind.

[11] De term ‘aanwijzing’ vervangt de vroeger veel gehanteerde naam ‘lastgeving’.

[12] De informatie wordt met tussenpozen van enkele seconden van de trein naar het RBC gezonden.

3) Overwegveiligheid: berijden van geopende overweg

Er zijn situaties waarbij er achter een rood sein een (geopende) overweg bevindt. Dat doet zich voor op plaatsen waar treinen regulier gepland stoppen waarbij achter de stopplaats een overweg ligt (o.a. bij stations) In een aantal van deze situaties is er een verhoogde kans op een STS passage van het sein dat het berijden van de geopende overweg moet voorkomen. Analyse van deze situaties laat zien dat er dat er locaties zijn waar dit risico groter is dan op andere locaties.

Overwegveiligheid							
Risico's	**ATB(-Vv)**	**ERTMS L1 / ATBNG**	**ERTMS L2**	**ERTMS L3**	**<u>Intrinsiek:</u> Genoemd aspect is onderdeel van ERTMS**	**<u>Randvoorwaardelijk om doelstelling te bereiken:</u>**	**<u>Meelifter:</u> Verbetering van dit aspect vraagt aanpassing buiten de scope van systeemketen**
te lange dichtligtijden, aankondigingstijd	Biedt hiervoor geen mitigerende maatregelen	Biedt hiervoor geen mitigerende maatregelen	Biedt hiervoor mogelijkheid tot mitigerende maatregel in de vorm van "constant warning time".	Biedt hiervoor mogelijkheid tot mitigerende maatregel in de vorm van "constant warning time".		Vergt extra functie in RBC/IXL.	
aankondigingsfout door loss of shunt (detectiefout)	Bron wordt niet weggenomen. Mcn krijgt wel ATB code wegval.	Bron wordt niet weggenomen. Mcn krijgt geen info.	Bron wordt niet weggenomen. Mcn krijgt geen info. Indien de positieinfo van de trein wordt gebruikt voor de aankondiging van overwegen dan is dit geen issue. Nadere analyse loopt via de Proof of Concept Level 3	Geen issue in meest pure vorm. Nadere analyse van treinintegriteitsborging loopt via Proof of Concept Level 3	n.v.t.	Voor L3: Vergt extra functie in RBC/IXL.	
Geen activering overweg door STS passage	Zie "Aanrijdingen incl. STS passage"	Zie "Aanrijdingen incl. STS passage"	Zie "Aanrijdingen incl. STS passage"	Zie "Aanrijdingen incl. STS passage"			
dichtligtijden bij stations (stop / door schakeling) met name voor overwegen die "200 tot 500m" achter het station liggen	Kan stop/door onderscheid niet maken	Kan stop/door onderscheid niet maken	Biedt hiervoor mogelijkheid tot mitigerende maatregel in de vorm van "constant warning time".	Biedt hiervoor mogelijkheid tot mitigerende maatregel in de vorm van "constant warning time".		L2 en L3 Vergt extra functie in RBC/IXL.	

automatische aanwijzing bij gestoorde overwegen	Biedt hiervoor geen mitigerende maatregelen.	Mitigerende maatregel mogelijk door aanpassing MA t.g.v. gestoorde overweg indien trein op remwegafstand van de overweg nog een balise passeert.	Mitigerende maatregel mogelijk door aanpassing MA t.g.v. gestoorde overweg.	Mitigerende maatregel mogelijk door aanpassing MA t.g.v. gestoorde overweg.	Aanpassing MA is intrinsiek, vergt wel engineering.	Overwegstoringsignalering inlezen plus verwerken in RBC/IXL.	

B.1.c Voorzieningen voor veiligheid baanwerkers

Relatie met doelen	
Hoofddoel	1: Veiligheid
Subdoel	1.5: Verhogen baanwerker veiligheid

Definities

Toelichting van de begrippen die in deze factsheet gebruikt worden

Werkplekbeveiliging	beveiliging van de werkplek van spoorbaanwerkers voor treinen
Aanwijzing	ProRail procedure
TSB	Tijdelijke Snelheidsbeperking

Omschrijving van de feiten

Werkplekbeveiliging

Werkplekbeveiliging is het geheel aan maatregelen (middelen en procedures) om een veilige werkplek te creëren voor personen die in of in de nabijheid van het spoor werken. De risico's die daarbij worden gemitigeerd zijn o.a. aanrijdgevaar door een trein of werktrein of de gevolgen van het "meegezogen" worden door een snelle passerende trein. In een aantal gevallen kan het treinbeveiligingssysteem een bijdrage leveren aan het creëren van een veilige werkplek.

De relatie tussen werkplekbeveiliging en ERTMS vraagt nadere uitwerking. Dat betreft ook het eventuele gebruik van Hand-Held Terminals (HHT).

De bijdrage die ERTMS aan werkplekbeveiliging kan bieden t.o.v. het huidige systeem is het relatief eenvoudig aanbrengen van Tijdelijke Snelheids Beperkingen. Voor achtergronden bij de toepassing van TSB's zie tevens sectie B.1a "Systeemkenmerken: veiligheid op de vrije baan en emplacementen".

De huidige werkwijze bij gedeeltelijke buitendienststelling is dat de treindienstleider een aanwijzing aan de machinist afgeeft. Dit is een procedurele oplossing. Voor ERTMS level 2 en 3 is er de mogelijkheid via de systemen een tijdelijke snelheidsbeperking (TSB) af te geven. Hiermee gaan de treinen automatisch langzamer rijden. Deze punctualiteit verhoogt de veiligheid.

Hieronder is aangegeven waar de aanwijzing van toepassing is en waar de TSB kan worden gebuikt en dus veiligheidsopbrengst kan worden gecreëerd.

Invloed van beveiligingssystemen op het aspect veiligheid baanwerkers

In de onderstaande tabel is voor de verschillende beveiligingssystemen de impact op de veiligheid van baanwerkers aangegeven.

	ATB			ERTMS		
	EG	VV	NG	L1	L2	L3
Rustige lijn	0	0	0	0	+	+
Drukke lijn	0	0	0	0	+	+
Klein emplacement	0	0	0	0	+	+
Groot emplacement	0	0	0	0	+	+

Bijlage 1: Veilig werken Overzicht van mogelijkheden beheersing veiligheidsrisico's voor de verschillende beveiligingssystemen

Veiligheids-risico's	**ATB(-Vv)**	**ERTMS L1 / ATBNG**	**ERTMS L2**	**ERTMS L3**	**<u>Intrinsiek:</u> Genoemd aspect is onderdeel van ERTMS**	**<u>Randvoor-waardelijk om doelstelling te bereiken:</u>**	**<u>Meelifter:</u> Verbetering van dit aspect vraagt aanpassing buiten de scope van systeemketen**
trein (in dienstregeling) komt op plek waar hij niet mag komen	Afhankelijk van procedures en waarneming seinen. Met ATBvv betere mitigatie van het risico	Afhankelijk van procedures met ondersteuning van remcurvebewaking.	Afhankelijk van procedures met ondersteuning van remcurvebewaking.	Afhankelijk van procedures met ondersteuning van remcurvebewaking.	n.v.t.	Grensmaatregel in interlocking en VPT opnemen	n.v.t
werker stapt in bereden nevenspoor	Biedt hiervoor geen mitigerende maatregelen	Biedt hiervoor geen mitigerende maatregelen	TSB naar trein in nevenspoor verlaagt snelheid; langere waarnemingstijd door baanwerker en mcn verkleint kans aanrijding	TSB naar trein in nevenspoor verlaagt snelheid; langere waarnemingstijd door baanwerker en mcn verkleint kans aanrijding	n.v.t	n.v.t	n.v.t.

B.1.d Security van systemen en Key Management

Relatie met doelen	
Hoofddoel	1: Veiligheid
Subdoel	1.6: Realiseren van vergelijkbaar niveau security

Definities

Definitie Security

- Security is: *het weerstand bieden tegen opzettelijke verstoring* [ref. 1]
- Security is een breed thema binnen de spoorbranche en daarom ook voor de installaties voor de procesleiding- en treinbeveiligingssystemen (incl. ERTMS) van het treinverkeer.
- Security valt voor de procesleiding- en treinbeveiligingssystemen uiteen in fysieke security en Cybersecurity.

Fysieke security

- Het spoor is een open systeem en fysiek toegankelijk.
- Treinbeveiligingsinstallaties hebben duidelijk herkenbare componenten in, aan en bij het spoor (b.v. assentellers, overwegen, wissels). Bij ERTMS liggen nieuwe fysiek duidelijk herkenbare componenten in het spoor (balises).

Cybersecurity

- De moderne procesleiding- en treinbeveiligingssystemen zijn gebaseerd op IT technologie en aangesloten op communicatienetwerken die verbinding hebben met "de buitenwereld". Denk hierbij aan zaken als hardware, besturingssysteem, remote beheer, maar ook GSM-R (voice + data).
- Bij ERTMS communiceren de infrastructuur en de treinen met elkaar, waarbij het correct samenwerken een voorwaarde is voor de veiligheid.

Key Management

- Key Management is het beheer van de cryptografische sleutels die zorgen voor de bescherming van de radioberichten tussen wal en trein. Deze radiocommunicatie is van toepassing op ERTMS Level 2 en 3. Bij ERTMS Level 1 is Key Management alleen nodig indien gebruik wordt gemaakt van Radio infill. Middels cryptografische technieken wordt de authenticiteit van de communicatie geborgd (een security-aspect om veilige radiocommunicatie mogelijk te maken).
- Het gebruik van sleutels is volledig vastgelegd door de TSI Command, Control & Signalling, [Ref. 2].
- Treinen en RBC's dienen voorzien te zijn van een geldige sleutel voordat ze veilig met elkaar kunnen communiceren. Deze sleutels worden vooraf in trein en RBC aangebracht als onderdeel van het beheer van de systemen

Omschrijving van de feiten

Wat beïnvloed de keuze m.b.t. security

- In Level 1 is er alleen directe communicatie tussen trein en balises. Deze balises worden zowel voor plaatsbepaling als voor rijwegautorisaties gebruikt. Een trein hoeft niet over een sleutel te beschikken, tenzij er van de optionele Radio-Infill-Unit gebruik wordt gemaakt, dan geldt een vergelijkbare communicatie als met Level 2 en 3.
- In Level 2 en 3 communiceert de trein met zowel balises als met een RBC (via GSM-R). Bij Level 2 en 3 worden balises primair voor plaatsbepaling gebruikt en gaat communicatie over rijwegautorisaties via GSM-R. Elke trein heeft hiervoor een sleutel aan boord voor elk baanvak waar deze trein dient te rijden. Deze sleutels zijn ook bekend in de RBC's.
- De communicatie tussen trein en RBC is beschermd middels cryptografische sleutels, dit is voorgeschreven in de TSI CCS ([Ref. 2]).

Impact op gebruikersprocessen

- Doordat er balises in het spoor liggen is er voor machinisten en treindienstleiders een afhandelscenario nodig indien er een onregelmatigheid aan een balise optreedt.
- Treinen en RBC's dienen bij Level 2 en 3 voorzien te zijn van een geldige sleutel voordat ze veilig kunnen communiceren. Deze sleutels worden vooraf in trein en RBC aangebracht. De machinisten en treindienstleiders merken bij het normale operationele proces niets van deze sleutels. Wel moet er een afhandelscenario zijn wanneer een sleutel ongepland niet geldig blijkt te zijn.

Impact op verantwoordelijkheden en organisatie van ProRail

- De infrabeheerder heeft een verantwoordelijkheid voor de integriteit (juiste inhoud en positie) van de balises.
- De geheimhouding van sleutels is van belang om opzettelijke verstoring te voorkomen en is geformaliseerd in de toegangsovereenkomst tussen vervoerder en ProRail.
- Fysieke en andere maatregelen om de sleutels te beschermen zijn op Europees niveau niet voorgeschreven of geharmoniseerd. Zowel vervoerder als infrabeheerder dienen daar zelf invulling aan te geven als onderdeel van hun veiligheidsmanagementsysteem.
- Voor de Nederlandse RBC's is het sleutelbeheer belegd bij het Key Management Center (KMC) van ProRail. Het KMC behandelt de aanvragen van sleutels van vervoerders zowel uit binnen- als buitenland en zorgt voor implementatie van de sleutels in de RBC's. Het proces is beschreven in de netverklaring en detailinfo is te vinden op de ProRail website [ref. 3]

Impact op verantwoordelijkheden en organisatie van de vervoerders

- De vervoerders zullen Key Management moeten inrichten om te borgen dat de juiste sleutels op het juiste moment in hun materieel geplaatst zijn.
- De vervoerders zullen het beheer van sleutels zo moeten inrichten dat er aan de in de netverklaring overeengekomen verantwoordelijkheden t.a.v. geheimhouding van sleutels voldaan wordt.

Invloed van beveiligingssystemen op het aspect security

Omdat er ook binnen de groepen van ATB- en ERTMS-systemen zeer uiteenlopende implementaties zijn, is het niet eenvoudig mogelijk om beveiligingssystemen te vergelijken op dit aspect. Elk systeem en implementatie heeft verschillende bedreigingen op het gebied van security die op andere manieren gemitigeerd worden. Voor alle systemen geldt onverminderd dat ze voldoende veilig moeten zijn gedurende de hele levenscyclus.

Op basis van bovenstaande is niet te bepalen of security voor de verschillende typen beveiligingssystemen beter of slechter is. De verschillende systemen en implementaties gebruiken andere technologie en andere maatregelen zijn nodig om tot een acceptabel securityniveau te komen.

Referenties

[1] Derde kadernota Railveiligheid, Bijlage A

[2] TSI Command, Control and Signalling, Subsets 037 en 038

[3] http://www.prorail.nl/Vervoerders/Infrastructuur/Pages/Beveiligingencommunicatie.aspx

B.2.a. Interoperabiliteit en overzicht lijncategorieën in NL

Relatie met doelen	
Hoofddoel	2: Interoperabiliteit
Subdoel	2.1: TEN lijnen uitgevoerd met ERTMS 2.2: Toekomstige aanpassing van met TEN net 2.3: Goederenroutes uitgevoerd met ERTMS 2.5: Lijnen van het HRN uitgevoerd met ERTMS 2.6: Regionale lijnen uitgevoerd met ERTMS

Definities

Interoperabiliteit

Interoperabiliteit is het geheel van in EU verband gemaakt afspraken om te borgen dat het materieel zonder hinder grensoverschrijdend binnen de EU kan worden ingezet. Hier worden in Europees verband afspraken over gemaakt voor alle disciplines, niet alleen treinbeveiliging maar ook o.a. bovenleidingsspanning en infrastructuur. Hier beperken we ons tot interoperabiliteit van het beveiligingssysteem, wat dient te worden bereikt door het toepassen van de ERTMS standaard.

In kader van de Europese afspraken m.b.t. interoperabiliteit is het niet toegestaan om nationale beveiligingssystemen die de interoperabiliteit negatief beïnvloeden (bv. de ATB functie) te wijzigen of toe te voegen. Het is wel mogelijk veiligheidsfouten in het systeem op te lossen. In de TSI CCS is vastgelegd dat de nationale systemen nog wel mogen worden toegepast bij vervanging en bij het uitrusten van nieuwe lijnen maar niet bij het uitrusten van nieuwe hogesnelheidslijnen (De Nederlandse ATB is overigens technisch niet geschikt voor HSL lijnen).

Nationale interoperabiliteit

Naast de hierboven beschreven vorm van interoperabiliteit die internationaal gericht is, is het mogelijk een term als 'nationale interoperabiliteit' te definiëren, waarbij het zowel technisch als operationeel mogelijk moet zijn van een gebied wat voorzien is van treinbeïnvloedingssysteem X over te gaan naar een gebied met treinbeïnvloeidingssysteem Y. Naast de technische (on-)mogelijkheden is het met name de vraag of machinisten verantwoord verschillende soorten regelgeving naast elkaar te kunnen verwerken. Dit is tevens een vraagstuk gerelateerd aan de 'migratiestrategie'.

Technische Interoperabiliteit

Technische interoperabiliteit richt zich op het technisch samenwerken van systemen in trein en baan. M.b.t. technische interoperabiliteit is er voor het materieel geen onderscheid[13] tussen de ERTMS levels: een trein uitgerust met ERTMS kan (technisch) zowel op een baan uitgerust met level 1, level 2 of level 3 rijden. Baan-Trein Integratietesten zijn voorlopig nog nodig om de compatibiliteit tussen baan en trein vast te stellen.

De voorwaarde voor een ERTMS trein om op een level 2 of 3 baan te rijden is dat de trein is uitgerust met een GSM-R radio en aanvullend bij een level 3 baan te zijn voorzien van een treinintegriteitssysteem. Zie voor de verdere details de sheet "ERTMS Levels, Versies en Baselines".

Operationele interoperabiliteit

Operationele interoperabiliteit richt zich op de harmonisering van de operationele regelgeving voor treindienstleider en machinist. Deze zijn Europees vastgelegd in de TSI Operations. Deze TSI verwijst voor de operationele Level 1 regels naar de nationale regelgeving omdat Level 1 wordt toegepast met nationale buitenseinen (en bijbehorende operationele regels). Level 1 is daarom internationaal niet operationeel interoperabel: machinisten uit het buitenland dienen de nationale regelgeving m.b.t. seinen en borden te volgen. Bij de Nederlandse Level 1 implementaties zijn de seinen en borden ongewijzigd gehandhaafd als bij NS'54 met ATB-EG, ATB-NG en ATB-Vv.

In de TSI Operations is de operationele regelgeving voor Level 2 (en 3) wel volledig internationaal gestandaardiseerd. Bij level 2 en 3 zijn ook de borden langs de baan internationaal vastgesteld; indien daarvan wordt afgeweken dan raakt dat de internationale interoperabiliteit. Naast operationele processen blijft wegbekendheid bij gebruik van infra door machinisten van belang omdat gebruik van de infra (waar mag je bv stoppen, opstellen) niet via het seinstelsel wordt opgelegd. Ook is kennis van de gebruikte taal een randvoorwaarde.

[13] Met uitzondering van de specifieke eisen voor level 2 en 3; beide vereisen een GSM-R radio en level 3 vereist de integriteitsfunctie; voor de ERTMS functies zijn deze levels on-board wel gelijk.

Het is ongewenst als er (o.a. tijdens de migratiefase) meerdere verschillende operationele regels moeten worden gebruikt door machinisten en treindienstleiders. Dat kan leiden tot fouten die mogelijk veiligheidsgevolgen hebben. Dit is een extra reden om de verplichte gestandaardiseerde internationale operationele regels te volgen.

Indien in L2 en L3 besloten zou worden om naast de borden die internationaal voor L2 en L3 zijn vastgesteld, bepaalde borden langs de baan toe te passen om bv. verstoorde situaties op te lossen, dan wordt afgeweken van de internationale afspraken en is de oplossing niet meer operationeel internationaal interoperabel. De operationele regelgeving voorziet zowel in het normale gebruik als in storing situaties.

Interoperabiliteit tussen treinbeïnvloedingsystemen

In de ERTMS specificaties is rekening gehouden met migratie van de nationale treinbeïnvloedingssystemen naar ERTMS. Er is de mogelijkheid om de infrastructuur en/of het rollend materieel te voorzien van zowel ERTMS als het nationale systeem waarbij de samenwerking tussen die systemen is gespecificeerd. Hierdoor kunnen verscheidende migratie scenario's worden gekozen. Gebruik van nationale treinbeïnvloedingssystemen blijft met ERTMS mogelijk door aan boord van de trein gebruik te maken van Special Transmission Models (STM). Een trein kan meerdere STMs bevatten, voor verschillende nationale systemen.

Onderstaande tabel schets welke combinaties onder welke condities binnen Nederland mogelijk zijn.

Kleuren in de tabel betekenen het volgende: groen = mogelijk, geel is mogelijk onder voorwaarden, oranje = niet mogelijk.

Infra uitrusting Trein uitrusting	ATB-EG	ATB-NG	ERTMS only
ATB-EG	mogelijk	Niet mogelijk	Niet mogelijk
ATB-NG	mogelijk	mogelijk	Niet mogelijk
ERTMS	Mogelijk met ATB-EG STM[1)]	Mogelijk met ATB-NG STM[1)]	Mogelijk

1) Het aantal aanbieders van deze technische oplossingen is veelal beperkt tot de leveranciers die van oudsher de nationale systemen hebben geleverd.

Het bereiken van interoperabiliteit

In de Railmap is als uitgangspunt gekozen dat eerst het materieel wordt voorzien van ERTMS en dat daarna de infrastructuur wordt omgebouwd. Effectief betekent dit dat het materieel wordt uitgerust met ERTMS en ATB STM.

Interoperabiliteit in de zin van Europese afspraken is bereikt wanneer de infrastructuur is voorzien van een van de volgende systeemkeuzen:

1. ERTMS level 1
2. ERTMS level 2
3. ERTMS level 3

Omdat in technische zin treinen die uitgerust zijn met ERTMS op baanvakken met alle ERTMS levels kunnen rijden is de level keuze niet van invloed op de interoperabiliteit. Operationeel gezien heeft dit wel impact omdat Level 1 gecombineerd wordt met het nationale seinstelsel.

Omschrijving van het issue

TEN lijnen uitgevoerd met ERTMS

Europese Regelgeving verplicht lidstaten om lijnen die onderdeel vormen van het Trans-Europese Netwerk (TEN) uit te rusten met ERTMS, voor NL geldt (ref 1):

	Lijn	Termijn
1	Haven Rotterdam – Zevenaar Grens (is inmiddels gereed exclusief Kijfhoek en Zevenaar waarvoor de projecten inmiddels lopen)	2015
2	Haven Rotterdam-Antwerpen (betreft bestaande lijn van Kijfhoek tot Roosendaal Grens)	2020
3	Haven Amsterdam-Betuweroute (het gedeelte Amsterdam Utrecht is gereed)	2020

De lijn Rotterdam – Zevenaar is reeds uitgerust met ERTMS (Van belang blijft afstemming van de specificatie baseline met de rest van het netwerk, zie ook factsheet a.a.1). Het deel tussen Zevenaar en Zevenaar grens is nog uitgevoerd met ATB-EG. De andere twee lijnen zijn thans uitgerust met ATB-EG.

Toekomstige aanpassingen van het TEN net

Thans worden aanpassingen van het TEN net door de Europese Commissie voorgesteld, ref 2.
Onderstaande figuren geven de aanpassingen weer, separaat voor goederen (linker figuur) en voor passagiers (rechter figuur). De dikke lijnen geven hierbij de aangepaste definitie van het kernnet weer waarvoor uitrusting met ERTMS per 2030 gereed moet zijn; de dunne lijnen vormen het uitgebreide net en hiervoor geldt een inspanningsverplichting voor invoering van ERTMS per 2050. Lijnen in paars geven HSL weer.



Kernnet goederen



kernnet reizigers

Omrijdroutes goederenvervoer

De TEN lijnen die volgens Europese Regelgeving verplicht uitgevoerd moeten zijn met ERTMS vormen de aansluiting van de grote Nederlandse zeehavens in Amsterdam en Rotterdam met het Duitse achterland en met Antwerpen.
Vanuit de open access gedachte zoals die in het goederenvervoer reeds is doorgevoerd, speelt op de korte termijn

interoperabiliteit in de zin van grensoverschrijdend vervoer bij goederenvervoer een belangrijkere rol dan bij het personenvervoer.

Lijnen HRN en regionale lijnen

Het NL spoorwegnet is verdeeld in een HoofdRailnet (HRN) en regionale lijnen. De vervoerconcessie voor alle lijnen van het HRN is in handen van NS en voor de regionale lijnen zijn concessieovereenkomsten gesloten met diverse partijen, op basis van een openbare aanbesteding.

Voor het bereiken van interoperabiliteit binnen NL is het van belang naar deze concessiegebieden te kijken om de interoperabiliteit per vervoerder te kunnen beschouwen.

Invloed van beveiligingssystemen op het aspect

Vergelijking van de wijze waarop de verschillende beveiligingssystemen dit aspect beïnvloeden zodat inzicht wordt

	ATB			ERTMS		
	EG	VV	NG	L1	L2	L3
Interoperabiliteit	Niet interoperabel; score tov criteria is altijd 0%			Is interoperabel; mate van interoperabiliteit neemt toe naarmate meer route km onder ERTMS zijn gebracht		

gekregen hoe de diverse systemen hierop onderling scoren

Referenties

[1] Beschikking 2009/561/EG

[2] COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION, Interinstitutional File:2011/0294 (COD), 7th June 2013

Bijlage 1 Interoperabiliteit

	ATBEG/ ATBNG	ERTMS L1	ERTMS L2	ERTMS L3	**<u>Intrinsiek:</u>** Genoemd aspect is onderdeel van ERTMS	**<u>Randvoorwaardelijk om doelstelling te bereiken</u>:**	**<u>Meelifter:</u>** Verbetering van dit aspect vraagt aan-passing buiten de scope systeemketen
Juridische belemmeringen t.a.v. interoperabiliteit	Geen aanpassingen ATBEG/NG meer mogelijk door EU regelgeving.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.			
Technische belemmeringen	Zie hierboven	Zie hierboven	Zie hierboven	Zie hierboven			
Operationele belemmeringen (procedures/gebruiksprocessen)		Nationale interoperabiliteit omdat L1 wordt toegepast met nationale seinstelsel en bijbehorende nationale operationele regelgeving en gebruiksprocessen TSI OPE: Zie nationale regelgeving	Operationeel interoperabel mits toegepast zonder buitenseinen. TSI Operational: geeft regelgeving	Operationeel interoperabel mits toegepast zonder buitenseinen TSI Operational : geeft regelgeving.		Infrabeheerder bepaalt de communicatie taal voor zijn netwerk	Operationele interoperabiliteit vergt onder alle systemen bekendheid met lokale protocollen. Standaardisatie leidt tot verbetering

B.2.b Grensbaanvakken

Relatie met doelen	
Hoofddoel	2: Interoperabiliteit
Subdoel	2.6: Grensbaanvakken uitgevoerd met ERTMS

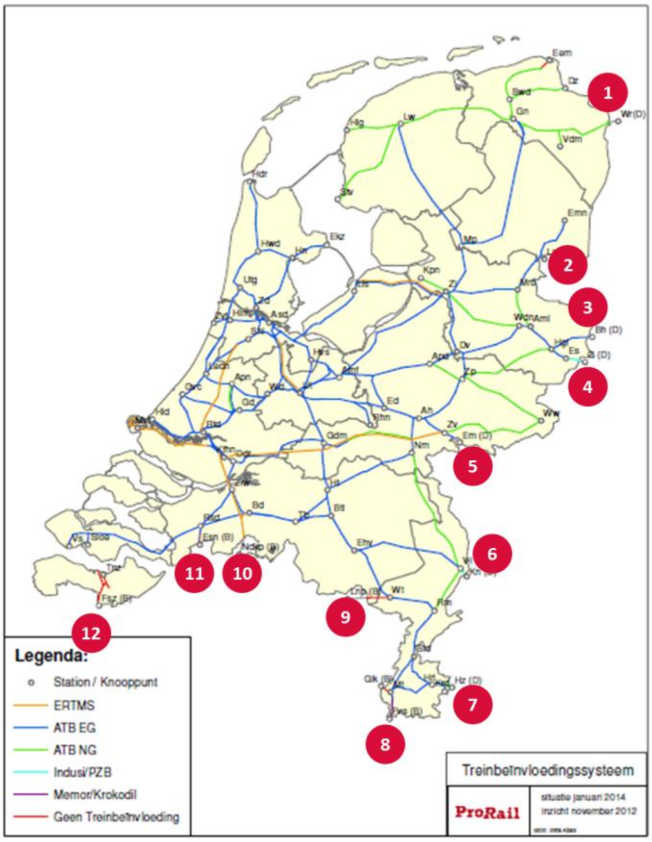
Definities

Grensbaanvakken zijn baanvakken waar grensoverschrijdend vervoer kan plaatsvinden. Het Nederlandse spoornetwerk kent 12 grensoverschrijdende baanvakken, deze zijn in onderstaande tabel toegelicht, zie tevens figuur 1 [ref. 1].

#	Traject	Land	Type Treinbeveiliging			Infra Kenmerk
			NL	Grens-baanvak	D/B	
1	Nieuweschans – Weener	Duitsland	ATB-NG	?	Indusi/PZB[1)]	Regionaal
2	Coevorden – Laar	Duitsland	ATB-EG		Indusi/PZB[1)]	Goederen
3	Oldenzaal – Bad Bentheim	Duitsland	ATB-EG	ATB-EG	Indusi/PZB	Hoofdroute goederen en reizigers
4	Enschede – Gronau	Duitsland	-[2)]	Indusi/PZB[1)]	Indusi/PZB[1)]	Regionaal
5	Zevenaar – Emmerich	Duitsland	ATB-EG		Indusi/PZB	Hoofdroute goederen en reizigers
6	Venlo – Kaldenkirchen	Duitsland	ATB-EG	Indusi/PZB	Indusi/PZB	Hoofdroute goederen en reizigers
7	Landgraaf – Herzogenrath	Duitsland	ATB-EG	?	Indusi/PZB[1)]	Regionaal
8	Maastricht – Eijsden – Visé	België	ATB-EG	Memor	Memor	Hoofdroute goederen en reizigers
9	Budel – Neerpelt	België	ATB-EG[1)]	Geen[1)]	Geen[1)]	Goederen
10	HSL-Zuid – L4	België	ERTMS-L2	ERTMS-L2	ERTMS-L2	HSL lijn
11	Roosendaal – Essen	België	ATB-EG	Memor	Memor	Hoofdroute goederen en reizigers
12	Terneuzen – Zelzate	België	Geen	Geen	Geen	Goederen

1): te bevestigen
2): geen aansluiting op het NL net

Figuur 1 overzicht grensbaanvakken



Omschrijving van de feiten

Hoewel interoperabiliteit tussen treinen en infra voorzien van ERTMS duidelijk is gedefinieerd, is de compatibiliteit tussen treinen voorzien van ERTMS en infra die nog niet met ERTMS is uitgerust of andersom, niet zo eenvoudig. Onderstaande tabel schets welke combinaties onder welke condities mogelijk zijn. Daarbij zijn t.b.v. grensbaanvakken met Duitsland en België ook de Krokodil (Memor) en PZB (Indusi) combinaties genoemd. Indien vanuit het doel om 'interoperabiliteit' na te streven gedacht wordt aan de grensbaanvakken, waarbij Nederlandse treinen de grens over gaan naar België of Duitsland, dan kan dat betekenen dat er STM's (of functioneel gelijke oplossingen) nodig zijn.

.

Trein/baan compatibiliteit

Infra uitrusting **Trein uitrusting**	**ATB-EG**	**ATB-NG**	**ERTMS only**	**Krokodil (=Memor)**	**Indusi (= PZB)**
ATB-EG	Mogelijk	Niet mogelijk	Niet mogelijk	Niet mogelijk	Niet mogelijk
ATB-NG	Mogelijk	Mogelijk	Niet mogelijk	Niet mogelijk	Niet mogelijk
ERTMS	Mogelijk met ATB-EG STM[3)]	Mogelijk met ATB-NG STM[3)]	Mogelijk	Mogelijk met Memor STM[4)]	Mogelijk met Indusi STM[4)]
Krokrodil (Memor)[1)]	Niet mogelijk	Niet mogelijk	Niet mogelijk	Mogelijk	Niet mogelijk
Indusi (= PZB)[2)]	Niet mogelijk	Niet mogelijk	Niet mogelijk	Niet mogelijk	Mogelijk

1) Krokodil (de formele naam is Memor) is een Belgisch ATB systeem dat op enkele grensbaanvakken in Nederland wordt toegepast
2) PZB is een Duits ATB systeem dat op enkele grensbaanvakken in Nederland wordt toegepast
3) Deze STM is niet vrijelijk in de markt beschikbaar; .

Interoperabiliteit wordt verkregen indien treinen aan weerszijden van de grens onder andere een treinbeveiligingsysteem aantreffen dat door de trein herkend wordt. Interoperabiliteit over landsgrenzen heen heeft onder voorwaarden voordelen voor de vervoerders en infrabeheerder.
De voorwaarden zijn:

- De systemen aan baanzijde aan beide zijde van de grens zijn technische compatibel met de ERTMS versies aanwezig in het materieel
- de operationele procedures en regelgeving aan beide zijden van de grens zijn geharmoniseerd
- theoretisch zou materieel met ERTMS die aan de TSI voldoet in ieder land onder ERTMS moeten kunnen rijden zonder noodzaak voor additionele testen

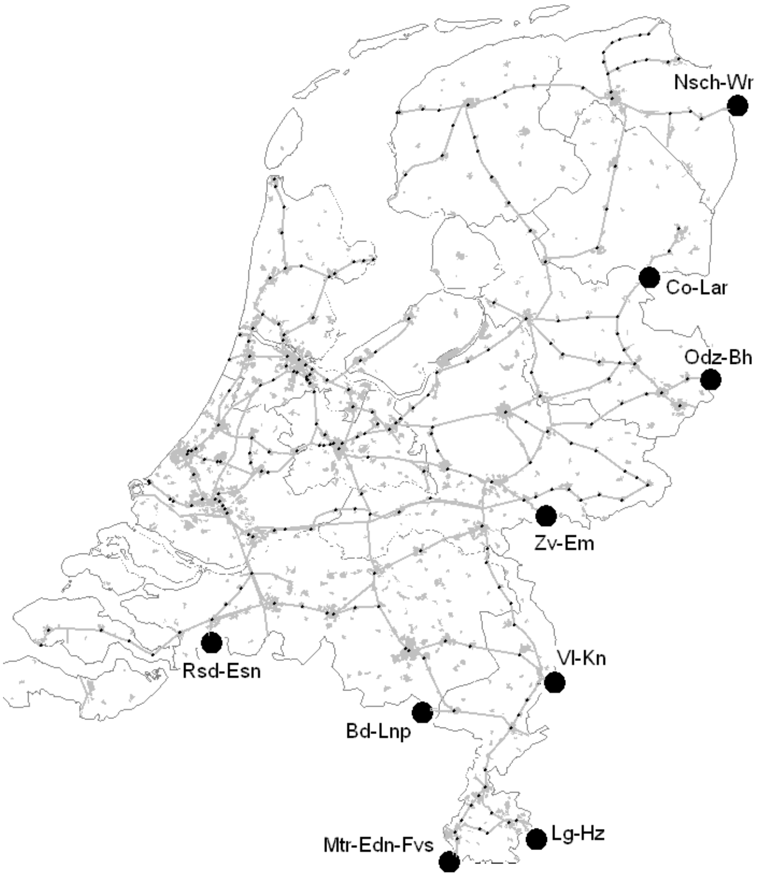
De voordelen voor zowel de vervoerders en infrabeheerder zijn:

- lagere kosten omdat apparatuur in de trein en de opleiding voor de machinist is gestandaardiseerd en beperkt blijft tot één enkel systeem.
- Er hoeft bij de grens niet meer van locomotief en/of machinist te worden gewisseld.

Op de grensovergangen worden momenteel dubbele systemen toegepast die mogelijk al zijn afgeschreven. Vervanging door ERTMS kan zowel in baan als in het materieel kostenverhogend werken. Het juiste moment om over te gaan naar ERTMS dient daarom te worden gekozen op een natuurlijk vervangingsmoment voor het materieel omdat deze vorm van interoperabiliteit niet kostenverlagend maar kostenverhogend zal zijn.
Afstemmen van introductie van ERTMS met het buurland voor het betreffende baanvak is daarom een essentiële randvoorwaarde voor interoperabiliteit.

STM-STM transities
ERTMS treinen die gebruik maken van grensovergangen die aan beide zijden zijn voorzien van nationale systemen, maken gebruik van STM's. Bij het passeren van de grens dient te worden overgeschakeld op de STM die overeenkomt met het beïnvloedingssysteem van het betreffende land.
Op de grenzen tussen Nederland en België en tussen Nederland en Duitsland waar dergelijk verkeer kan plaatsvinden, zijn Eurobalises in de baan geplaatst om deze transities te initiëren. Figuur 2 geeft het overzicht van deze locaties..

Figuur 2 Overzicht STM-STM grens transities



Overzicht STM-STM grens transities

deeltracé	Afkorting1)	corridor
Zevenaar – Emmerich	Zv-Em	A
Roosendaal – Essen	Rsd-Esn	HSL omleiding
Oldenzaal – Bad Bentheim	Odz-Bh	omleiding A
Venlo – Kaldenkirchen	Vl-Kn	Omleiding A
Maastricht - Eijsden- Visé	Mtr-Edn-Fvs	
Nieuweschans - Weener	Nsch-Wr	
Coevorden - Laarveld	Co-Lar	
Budel - Neerpelt	Bd-Lnp	F
Landgraaf - Herzogenrath	Lg-Hz	

1) zie figuur 2

Invloed van beveiligingssystemen op het aspect						
	ATB			ERTMS		
	EG	VV	NG	L1	L2	L3
Interoperabiliteit	Niet interoperabel; score tov criteria is altijd 0%			Is interoperabel; mate van interoperabiliteit neemt toe naarmate meer grensbaanvakken integraal (aan weerszijden van de grens) onder ERTMS zijn gebracht		

Voorwaarden

De voorwaarden waaraan voldaan moeten worden om de oplossingen mogelijk te maken moeten nog worden bepaald.

Referenties

[1] ProRail netverklaring 2014

[2] Masterplan ETCS 2010 - 2025 Implementatie op het Belgisch Spoorwegnet d.d. 27.05.2011

B.3.a Capaciteit

Relatie met doelen	
Hoofddoel	3: Verhogen Capaciteit
Subdoel	3.1 Verhogen van de theoretische maximale treinfrequentie 3.2 Reduceren van wachttijden bij kruisingen en stations 3.3 Realiseren van meer uniforme snelheid 3.4 Verhogen snelheid tot baanvakontwerp

Definities

Deze sectie heeft betrekking op de capaciteitseffecten van de invoering van ERTMS. Bij capaciteit kan onderscheid gemaakt worden tussen de theoretische capaciteit en de in de uitvoering van de dienstregeling “incasseerbare” capaciteit.

1. **Theoretische capaciteit**

   De theoretische capaciteit van het spoor kan gedefinieerd worden als het aantal treinen dat kan worden verwerkt door een gegeven infrastructuur binnen een bepaald tijdvenster. Deze wordt bepaald door de volgende elementen:
   - Rijtijden van treinen
   - Opvolgtijden tussen treinen

   Rijtijden van treinen en opvolgtijden van treinen zijn afhankelijk van:
   - Lay-out van de infrastructuur:
     - Civiele infrastructuur
     - Tractie-energie voorziening
     - Veiligheidsmarges
     - Projectering van de (ERTMS) beveiliging, blokindeling

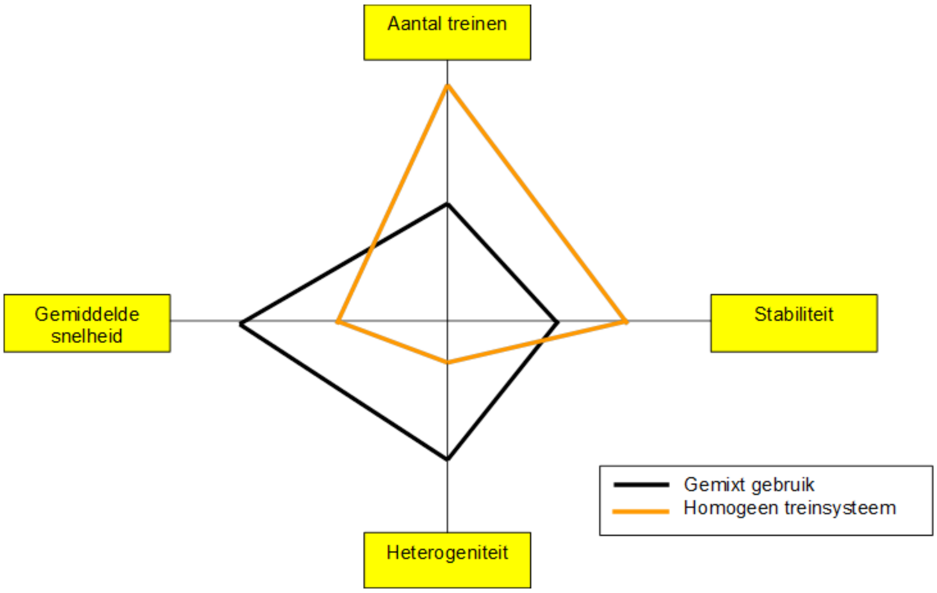
2. **Incasseerbare capaciteit**

   De theoretische capaciteit is in de praktijk niet volledig incasseerbaar. De elementen die hierop van invloed zijn:
   - Productformule:
     - Aantal treinen
     - Treinsoorten
     - Volgorde van treinen
   - Gebruik:
     - Gedrag machinisten (bijvoorbeeld remgedrag)
     - Besturingssystemen (trein in pad houden)
     - Buffer in het systeem ten behoeve van een stabiele uitvoering van de dienstregeling

   De onderdelen van de incasseerbare capaciteit hebben deels betrekking op de activiteiten van de vervoerder en deels betrekking op de besturingssystemen welke geen onderdeel vormen van het beveiligingssysteem maar wel worden meegenomen in het kennisboek.

Theoretische capaciteit

De theoretische capaciteit wordt bepaald door de rijtijd(verschillen) en opvolgtijden tussen treinen en kan gebruikt worden door de combinatie van vier grootheden die samen de ‘benuttingsbalans’ vormen, zie onderstaande figuur. “De capaciteit” op een bepaald traject wordt gerepresenteerd door een lijn te trekken door een punt op elk van de vier assen. Zo ontstaat een vierhoek die staat voor de beschikbare capaciteit. Bij het verplaatsen van een punt op één van de assen veranderen ook één of meer punten op de andere drie assen.



Figuur 1 Benuttingsbalans

Zo kan de capaciteit van een bepaald traject die met bijv. het huidige NS'54/ATB EG wordt bereikt, weergegeven worden door een dergelijke vierhoek. Voor toepassing van ERTMS level 1, level 2 en level 3 gelden vergelijkbare vierhoeken waarbij, afhankelijk van de mogelijke capaciteitseffecten, de lijn langer kan zijn. Deze (theoretisch) mogelijke capaciteitswinst van ERTMS ten opzichte van NS'54/ATB EG dient vervolgens verdeeld te worden over de assen. Dit betekent dat met ERTMS het ingesloten oppervlak van de vierhoek wordt vergroot. De eventuele hogere capaciteit kan worden benut door meer treinen per uur te rijden, maar ook voor het verhogen van de stabiliteit van de treindienst of een andere productformule van de treindienst.

In kader van de Railmap is dit beeld van het begrip 'capaciteit' van belang omdat het duidelijk maakt dat het niet mogelijk is om 'capaciteit' in een enkel woord te vangen: er hoort een bepaalde verdeling bij over de genoemde vier effecten. Bij de invoering van ERTMS gaat het o.a. om het doel de capaciteit te kunnen verhogen. Het is in ieder geval duidelijk dat de term 'capaciteit' niet op ieder baanvak hetzelfde betekent en dat het effect van de invoering van ERTMS situationeel bepaald wordt. In de vergelijking van de gevolgen van keuzes tussen de verschillende levels zou van eenzelfde gebruik (productformule) uitgegaan kunnen worden (dezelfde vorm van de vierhoek) waarbij de vier diagrammen (ATB, level 1, level 2 en level 3) over elkaar heen worden getekend. Dat hoeft niet overeen te komen met het latere daadwerkelijke gebruik maar maakt vergelijken van levels wel mogelijk.

Enkele voorbeelden van verschillende soorten capaciteitsknelpunten, geredeneerd vanuit een dienstregeling in combinatie met een bestaande infrastructuur en bestaande projectering van het beveiligingssysteem:

i. mix van gemengd verkeer met grote snelheidsverschillen (bijv. SAAL)
ii. veel samenvloeiend verkeer zonder grote snelheidsverschillen (bijv. Zwolle, Schipholtunnel)
iii. mix van reizigers en goederenverkeer (bijv. A2 corridor)

Enkelspoor: bottleneck door beperkte kruisingsmogelijkheden heen- en tegenrichting (treedt m.n. op regionale baanvakken)

Overzicht van de feiten
Op welke wijze wordt de capaciteit bepaald door de functionaliteit van beveiliging en beheersing? • Zoals hierboven is uitgelegd is de capaciteit van een spoorwegnetwerk niet uit te drukken in één enkele objectief meetbare eenheid. De capaciteit is sterk afhankelijk van het gewenste gebruik: welke volgorde van treinen, welk stoppatroon, welk materieelgebruik, welke routekeuze enzovoort. Dit gewenste gebruik is op zichzelf een complexe commerciële keuze, die zelf weer afhankelijk is van de mogelijkheden die de infrastructuur biedt. • Zoals genoemd, wordt de capaciteit bepaald door de omvang van de rijtijdverschillen tussen opeenvolgende treinen en de opvolgtijden. In een patroon met snelle en langzame treinen liggen de bepalende punten met name op en rond emplacementen waar treinen elkaar het dichtst naderen. Dit vormt de planmatige opvolgtijd (norm) op die locaties. De planmatige opvolgtijd dient groter te zijn dan de technisch minimale opvolgtijd, die wordt bepaald door de lay-out van de infrastructuur, rijkarakteristieken en lengte van treinen ter plaatse en het beveiligingssysteem. Tussen de gekozen opvolgtijd en de minimale technische opvolgtijd moet een bepaalde buffertijd zitten, om de dienstregelinguitvoering voldoende bestand te maken tegen kleine vertragingen. • Een bijkomend capaciteitseffect ontstaat omdat in ERTMS snelheden veel fijnmaziger zijn te bewaken (snelheidsstappen van 5 km/u) dan in ATB EG. • Een dienstregeling bevat een beperkt aantal standaardsituaties met maatgevende opvolgtijden op maatgevende locaties (met name emplacementen). Bijvoorbeeld: Aankomst-Aankomst op verschillende sporen; Vertrek-Vertrek van verschillende sporen; Vertrek-Aankomst op eenzelfde perronspoor. Als die maatgevende opvolgtijden verkleind kunnen worden, wordt de netwerkcapaciteit als geheel als gevolg daarvan groter. • Als de rijtijdverschillen verkleind kunnen worden (bijvoorbeeld rijtijdwinst door uitgesteld remmen bij elke stop) stijgt de capaciteit ook. • *Maatgevende eigenschappen voor opvolgtijden*: De maatgevende opvolgtijden zijn het resultaat van verschillende eigenschappen van de infrastructuur, van de operationele regelgeving, van het materieel, de productformule en het beveiligingssysteem Belangrijke aspecten op het gebied van het beveiligingssysteem zijn: ○ met welke resolutie kunnen vrijgereden stukjes infra ter beschikking worden gesteld aan de opvolgende trein (welke mate van blokverdichting is mogelijk);   ○ met welke vertraging gebeurt dit (continu of puntsgewijs, met welke vertragingstijd);   ○ in welke mate legt het beveiligingssysteem een lagere snelheid op dan de baan aan zou kunnen;   ○ in welke mate mag een trein gebruik maken van zijn eigen remeigenschappen? Bovenstaande eigenschappen richten zich op <u>ongehinderde</u> opvolgtijden. Voor capaciteit is daarnaast ook van belang: ○ Zijn de gehinderde opvolgtijden in voldoende mate kleiner dan de ongehinderde opvolgtijden (ten behoeve van de robuustheid van het systeem om te waarborgen dat vertragingen uitdempen).   ○ Ontstaan er treinlengtebeperkingen op krappe stationssporen? Ons huidige seinstelsel (NS’54/ATBEG) verschilt van ERTMS op de hierboven beschreven maatgevende eigenschappen voor opvolgtijden. • De grootheid ‘stabiliteit’, één van de vier assen van de benuttingsbalans, kan worden geïnterpreteerd als een maat voor punctualiteit (uitvoeringskwaliteit van de dienstregeling). Baanvakcapaciteit kun je verhogen door b.v. kortere rijtijden en opvolgtijden. Deze kan leiden tot b.v. hogere punctualiteit of geeft de mogelijkheid om meer treinen te laten rijden of een andere treinenmix. Punctualiteit heeft een directe relatie met de be- en bijsturing: een goede besturing is een voorwaarde voor het daadwerkelijk effectief kunnen benutten van een hogere baanvakcapaciteit. Alleen met een verbeterde besturing zijn er mogelijkheden om de theoretische capaciteitsverhoging te incasseren (zie sectie A.d “Mogelijkheden voor optimalisatie besturing”.

Onderscheid op de capaciteitseffecten van de verschillende beveiligingssystemen

Op welke wijze onderscheiden de ERTMS levels en functies zich in de mogelijkheid om de capaciteit te verhogen?

In de onderstaande tabel zijn de maatgevende eigenschappen die de capaciteit bepalen opgenomen. Het betreft de eigenschappen die effecten hebben op de gebruikswaarde (rij- en opvolgtijden en nuttige spoorlengten) van de beveiligingssystemen. Uitsluitend de onderscheidende eigenschappen zijn opgenomen Deze eigenschappen zijn beoordeeld voor de verschillende beveiligingssystemen. De scores worden onder de tabel toegelicht.

Maatgevende eigenschap	NS'54 ATBEG	L1 met NS'54 lichtseinen, zonder infill	L2	L3	Opmerking
Blokverdichtingsmogelijkheden	0	0	+	+	1
Autorisatie-update	0	-	0+	0+⁻	2
Snelheidsprofiel conform baan	0	0	+	+	3
Gebruik eigen remeigenschappen	0	0	+	+	4
Minimalisatie van hinder bij verstoringen	0	-	+	+	5
Treinlengte op krappe sporen	n.v.t.	-	+	-	6

1. Plus voor L2 en L3: seinplaatsingsdwangpunten vanuit zicht, plaatsbaarheid en onderlinge remwegvereisten verminderen of verdwijnen. Vereisten vanuit ongewenste stoplocaties blijven.
2. Een min voor L1 t.o.v. ATB-EG omdat autorisatie-update moet wachten totdat trein balisegroep passeert en een seinverbetering dus later doorkrijgt dan een sein dat op groen gaat (de machinist ziet dat al van verre gebeuren en onder de trein verbetert de ATB code).De plus bij L2 en L3 t.o.v. ATB-EG vertegenwoordigt de preciezere snelheidstoestemming van ERTMS.
   De kleine min bij L3 vertegenwoordigt de onnauwkeurigheid in de positiebepaling van de voorgaande trein. Het splitspunt wordt hierdoor later vrijgemeld, waardoor opvolgtijden langer worden. Met name bij lage snelheid zou dit tot een merkbaar verschil kunnen leiden.
3. Wisselsnelheid bereikt bij voorafgaand lichtsein of bij het wissel; standaardisatie naar ATB-snelheden versus snelheidsstappen van 5 km/h; bordplaatsingsbeperkingen in NS'54
4. Nul bij L1, omdat NS'54 als primaire seinstelsel maatgevend is voor het moment waarop geremd moet worden.
5. Bij een voldoende mate van blokverdichting en een snelle autorisatie-update, is het minimaliseren van hinder min of meer gegarandeerd.
   Bij L1 met lange blokken en onvoldoende infill, kan de situatie ontstaan, dat een trein naar lage snelheid wordt gedwongen, als hij te dicht op de voorganger komt. De secundaire vertraging kan hierdoor groter worden dan de primaire vertraging. Dit vereist extra buffer bovenop de ongehinderde opvolgtijd, hetgeen de capaciteit verkleint.
6. De ERTMS-varianten zijn op dit aspect niet vergeleken met NS'54-ATBEG, maar alleen onderling.
   De min bij L3 komt voort uit de positie-onnauwkeurigheid van de achterzijde van de trein; die bepaalt hoe snel infra vrijgegeven kan worden voor een opvolgende trein. Als die onvoldoende kan worden gecorrigeerd, kan op krappe sporen een baklengte verloren gaan.

Additionele opmerkingen

- Door Level 3 te combineren met (beperkte) baangebonden treindetectie op plaatsen waar deze nauwkeurigheid nodig is wordt dit probleem opgelost.
- In MVO (Maatregelen Verkorten Opvolgtijden) staan maatregelen voor kortere opvolgtijden die generiek toepasbaar zijn voor de verschillende beveiligingssystemen. De capaciteitswinst van de maatregelen kan per beveiligingssysteem verschillen, zie ref 1.)

Randvoorwaarden voor een optimale capaciteit:

De mate waarin een ERTMS level kan bijdragen aan capaciteitsverhoging is in sterke mate afhankelijk van een aantal systeem- en projecteringskeuzes, met name op/rond emplacementen.

Referenties	
[1]	Rapport second opinion op Kort Volgen voor Ministerie, d.d. 12 juli 2012

Bijlage Vergelijking van eigenschappen van de verschillende beveiligingssystemen

Capaciteit

Capaciteit van het spoorsysteem hangt af van de inrichting/prestaties op m.n. de volgende onderdelen van het spoorsysteem:

- Dienstregeling en treinvolgorde[14] en spoorgebruik[15](uniformiteit treindienst: menging goederentreinen en passagierstreinen en snelle IC treinen en stoptreinen, halteringen, baanvakbelasting en planningsinterval)
- Personeel (rijgedrag machinisten, werkwijze conducteurs bij halteringen, werkwijze treindienstleiders)
- Materieel (maximum snelheid, aanzet- en remkarakteristieken, technische halteertijden)
- Infrastructuur (alignement: spoorlay-out, seinplaatsing, omloopsnelheid wissels)
- Beveiligingssysteem (type beveiligingssysteem (ATB of ERTMS): technische opvolgtijden, remtabellen)
- Be- en bijsturing (procedures en de door Post 21 daarvoor geboden ondersteuning (informatie, uit te voeren opdrachten)

Beveiligingssystemen verschillen in mate van efficiëntie waarop gebruik wordt gemaakt van de beschikbare infrastructuur. In onderstaande tabel wordt inzicht verschaft in afhankelijkheden.

[14] Toelichting bij 'treinvolgorde': een goederentrein achter een intercity is een andere situatie dan een intercity achter een goederentrein
[15] Toelichting bij 'spoorgebruik': bij viersporigheid kunnen buitenste sporen worden gebruikt voor intercity's en binnenste voor langzamer verkeer, maar het kan ook anders. Zo zijn er bij twee sporen ook meerdere opties mogelijk, bv elk spoor één richting of juist beide richtingen enz.

	ATB	ERTMS L1 ATBNG	ERTMS L2	ERTMS L3	Intrinsiek: Genoemd aspect is onderdeel van ERTMS	Randvoorwaardelijk om doelstelling te bereiken:	Meelifter: Verbetering van dit aspect vraagt aanpassing buiten de scope systeemketen
Mate van flexibiliteit van het beveiligings-systeem t.o.v rij- en remeigenschappen trein.							
-blokken	Blok gedimensioneerd op “trein met langste remweg” en rekening houdend met infrabeperkingen Vastgelegd in regelgeving spoorwegwet.	Blok gedimensioneerd op “trein met langste remweg” en rekening houdend met infrabeperkingen Vastgelegd in regelgeving spoorwegwet.	Vrij indelen van blokken afhankelijk van capaciteitsbehoefte en rekening houdend met infrabeperkingen Bloklengte kan korter dan NS’54 blokken omdat geen rekening gehouden hoeft te worden met “trein met langste remweg”.	Vrij indelen van blokken afhankelijk van capaciteitsbehoefte en rekening houdend met infrabeperkingen. Bloklengte kan korter dan NS’54 blokken omdat geen rekening gehouden hoeft te worden met “trein met langste remweg”. Mogelijkheid tot glijdend variabel blok. (Op basis van de werkelijke bezetting van de infra worden movement authority gegeven.)	Ja	n.v.t. echter, voor glijdend variabel blok is aanpassing Procesleidingssyteem (PRL) nodig.	n.v.t.
-seinposities	Buitenseinen conform regels NS’54 en ontwerpvoorschriften en lokale omstandigheden zoals zichtbaarheid van het sein	Buitenseinen conform regels NS’54 en ontwerpvoorschriften en lokale omstandigheden zoals zichtbaarheid van het sein	Dankzij gebruik van cabinesigna-lering geen last van beperkingen seinplaatsing. Nog wel beperkingen door borden die bij L2 worden gebruikt (dit zijn formeel ook seinen)	Dankzij gebruik van cabinesigna-lering geen last van beperkingen seinplaatsing. Nog welbeperkingen door borden die bij L3 gebruikt worden (dit zijn formeel ook seinen)	Ja	n.v.t.	n.v.t.
-detectiesysteem	Geen invloed	Geen invloed	Geen invloed	Geen invloed	n.v.t	n.v.t.	n.v.t.

Rijtijdverkorting (ongehinderd)							
-uitgesteld remmen	Niet mogelijk	Wel mogelijk afhankelijk van operationele regelgeving	Inherent	Inherent	Ja	n.v.t.	n.v.t.
-traploos max snelheid instellen incl. voor bogen en TSB's[16]	Beperkt tot ATB EG trappen. + wat door infra wordt beperkt, bv max snelheid waarop nu door een wissel kan worden gereden	Instelbaar in stappen van 5 km/h	Instelbaar in stappen van 5 km/h	Instelbaar in stappen van 5 km/h	Ja	n.v.t.	Ontwerpsnelheden Infraobjecten kan worden geoptimaliseerd.
-vertrek emplacement	NS'54 blokindeling is beperkende factor	NS'54 blokindeling is beperkende factor	ERTMS blokindeling is beperkende factor	ERTMS blokindeling is beperkende factor	Ja	n.v.t.	n.v.t.
-binnenkomst emplacement	NS'54 blokindeling is beperkende factor	NS'54 blokindeling is beperkende factor	ERTMS blokindeling is beperkende factor maar kan korter dan NS'54	ERTMS blokindeling is beperkende factor, maar kan korter dan NS'54	Ja	n.v.t	n.v.t.
	Geen route-afhankelijke snelheden op emplacement[17]	Geen route-afhankelijke snelheden op emplacement[18]	Wel route-afhankelijke snelheden mogelijk waar infra dat ook toestaat	Wel route- afhankelijke snelheden mogelijk waar infra dat ook toestaat			
Olievlekwerking (dempend of versterkend op verstoringen)							
-gehinderde situatie	ATB info aan mcn (b.v. na seinverbetering) altijd	Discontinue informatie overdracht aan mcn: Cabineseingeving pas	Cabineseingeving altijd actuele info aan mcn via GSM-R.	Cabineseingeving altijd actuele info aan mcn via GSM-R.	Ja	n.v.t.	n.v.t

[16] TSB = Tijdelijke Snelheids Beperking

[17] M.u.v. infra-wijzigingen die in kader van Top50 worden overwogen; technisch is dit mogelijk maar vraagt maatwerk en per situatie een afweging; onder ERTMS level 2 en 3 is dit 'gratis' en vraagt het geen aanpassingen in de infra (tenzij bv. een bepaald wissel nu niet geschikt is voor 100 km/uur en je er met ERTMS wel met 100 km/u over kan en wil rijden)

[18] M.u.v. infra-wijzigingen die in kader van Top50 worden overwogen; technisch is dit mogelijk maar vraagt maatwerk en per situatie een afweging; onder ERTMS level 2 en 3 is dit 'gratis' en vraagt het geen aanpassingen in de infra (tenzij bv. een bepaald wissel nu niet geschikt is voor 100 km/uur en je er met ERTMS wel met 100 km/u over kan en wil rijden)

	actueel, zie verder onder ”blokken”.	actueel na passage balise (o.a. langzaam oprijden tot balise om nieuwe info te krijgen). Beperkt oplosbaar door gebruik van “infill”. Routetimers beperken de geldigheid van een Movement Authority.					
	Info aan trdl: op emplacementen bezettingsstatus en seinstatus	Info aan trdl: op emplacementen bezettingsstatus en seinstatus	Bezettingsstatus en autorisatie (‘sein’) status op gehele corridor en actuele treinpositie en snelheid via GSM-R	Bezetingsstatus en autorisatie (‘sein’) status op gehele corridor en actuele treinpositie en snelheid via GSM-R			
-verstoorde situatie in de infra (generieke impact)	Infrastoring (**inclusief** door treindetectiestoringe n): vaak lokaal effect met olievlekwerking door verwevenheid treindienst en beperking in bijsturing. Zie verder onder “blokken”. Geen GSM-R datakanaal, is dus ook geen storingsbron. GSM-R spraak storing heeft impact op beschikbaarheid	Infrastoring **(inclusief** door treindetectie storingen): vaak lokaal effect met **sterke** olievlekwerking door discontinue data overdracht en verwevenheid treindienst en beperking in bijsturing. Zie verder onder “blokken”. Geen GSM-R datakanaal, is dus ook geen storingsbron. GSM-R spraak storing heeft impact op beschikbaarheid	Infrastoring (**inclusief** door treindetectiestoringen): lokaal effect met olievlekwerking, beter bij te sturen door continue dataverbinding met trein. RBC storing vergelijkbaar met uitval van een VL post. GSM-R data storingen kunnen een grote impact hebben. GSM-R spraak storing heeft impact op beschikbaarheid .	Infrastoring (**exclusief** door treindetectiestoringen): lokaal effect met olievlekwerking, beter bij te sturen door continue dataverbinding met trein. RBC storing vergelijkbaar met uitval van een VL post. GSM-R data storingen kunnen een grote impact hebben. GSM-R spraak storing heeft impact op beschikbaarheid	Ja	Voldoende hoge eisen stellen m.b.t. beschikbaarheid om kans op optreden te verlagen. Uit te werken na voorkeursbesluit Bij L3: exclusief treindetectiefunct ie.	n.v.t.
-verstoorde situatie in de trein (ATB of ERTMS werkt niet)	Rijden op buitenseinen met	Rijden op buitenseinen met baanvaksnelheid mogelijk, afhankelijk van	Alleen rijden op zicht mogelijk,	Alleen rijden op zicht mogelijk, treinsnelheden zijn lager dan bij ATB	Ja	Voldoende hoge beschikbaarheids eisen te stellen	n.v.t.

	baanvaksnelheid mogelijk	operationele regelgeving[19].	treinsnelheden zijn lager dan bij ATB			aan treinapparatuur. Bij L3: inclusief treindetectiefunct ie.	
Snelheidsadviezen							
	In ATB levert trein geen snelheids en positie data; VL kan deze wel indirect bepalen / grof inschatten. In ATB is er geen functionaliteit voor snelheidsadviezen. Die kan (buiten ATB) wel ontwikkeld worden (buiten scope van het beveiligings-systeem). In ATB is er geen radiodataverbinding om snelheidsadviezen naar trein te sturen	In L1 levert trein geen snelheids en positie data; VL kan deze wel indirect bepalen /grof inschatten. In L1 is er geen functionaliteit voor snelheidsadviezen Die kan wel (buiten ERTMS) ontwikkeld worden (buiten scope van het beveiligings-systeem). In ATB is er geen radiodataverbinding om snelheidsadviezen naar trein te sturen	In L2 stuurt trein wel nauwkeurige continue positie en snelheidsdata naar de wal. In L2 is er geen functionaliteit voor snelheids-adviezen. Die kan wel (buiten ERTMS) ontwikkeld worden (buiten scope van het beveiligings-systeem). In L2 is er wel radiodataverbinding om snelheids-adviezen naar trein te sturen, maar dat kan dan alleen via de ERTMS "tekstberichten"	In L1 levert trein wel nauwkeurige continue positie en snelheidsdata naar de wal In L3 is er geen functionaliteit voor snelheidsadviezen Die kan wel (buiten ERTMS) ontwikkeld worden (buiten scope van het beveiligings-systeem). In L3 is er wel radiodataverbinding om snelheids-adviezen naar trein te sturen, maar dat kan dan alleen via de ERTMS "tekstberichten".	ATB/L1: nee L2/L3: inherent informatie beschikbaar	Het genereren van snelheidsadviezen vereist een nieuwe functionaliteit aan walzijde, in de besturingslaag (buiten scope van beveiligingssystee m) Versturen van snelheidsadviezen verist andere dataverbinding met trein dan de bestaande ERTMS berichten	

[19] Momenteel is het op de Havenspoorlijn (level 1) door ILT niet toegestaan om zonder ERTMS met baanvaksnelheid te rijden

B.3.b Onderhoudbaarheid Infrastructuur

Relatie met doelen	
Hoofddoel	3: Capaciteit
Subdoel	3.5: Reduceren aantal, duur en omvang van buitendienststellingen

Definities

Onderhoud van de beveiligingssystemen heeft betrekking op het instand houden van de functies en prestaties van de beveiligingssystemen. Onderhoud heeft in dit kader geen betrekking op het uitbreiden van de functionaliteit of het verbeteren van de prestaties van de beveiligingssystemen.

Life Cycle management speelt in toenemende mate een rol om kosten beheersbaar te houden. De kosten van beheer werken sterk door in de totale LCC. Onderhoudbaarheid van systemen wordt steeds belangrijker. De onderhoudbaarheid van opties vormt daarmee een belangrijk criterium in de ERTMS Railmap.

Omschrijving van de feiten

Factoren die de onderhoudbaarheid beïnvloeden betreffen:

Aantal buitenelementen

- Zowel de kans op falen als totale functiehersteltijd zijn direct afhankelijk van het aantal systeemelementen gedistribueerd langs de baan. De functiehersteltijd wordt bepaald door de tijd om:
    - een storing te constateren
    - de functie herstel organisatie te mobiliseren
    - de oorzaak op te sporen
    - de functie te herstellen.
- Waarbij tevens de invloed op andere systemen van belang is.
  Met name buitenelementen kunnen consequenties hebben op het onderhoud van de andere spoorsystemen. Bijvoorbeeld de aanwezigheid van balises resulteert in extra werk bij het onderhouden en vervangen van de spoorconstructies. Echter resulteert het niet meer hebben van spoorstroomlopen bij ERTMS level 3 in een vermindering van het onderhouden en vervangen van spoorconstructies.

Toegankelijkheid

- Moeilijk bereikbare elementen (ver van toegangspunten tot de baan) en waar speciale maatregelen nodig zijn (buitendienststellingen voor elementen binnen Profiel van Vrije Ruimte (PVR) hebben negatieve impact op de onderhoudbaarheid.

Onderhoudsinformatie

- Onderhoudbaarheid wordt sterk vergroot indien snel informatie beschikbaar is over de exacte locatie van falende elementen, de oorzaak van het falen en identificatie van de te nemen correctieve maatregelen (bv. vervangen van defecte componenten)
- Onderhoudbaarheid wordt ook vergroot indien trendanalyses in prestatiedegradatie mogelijk zijn door automatische monitoring.

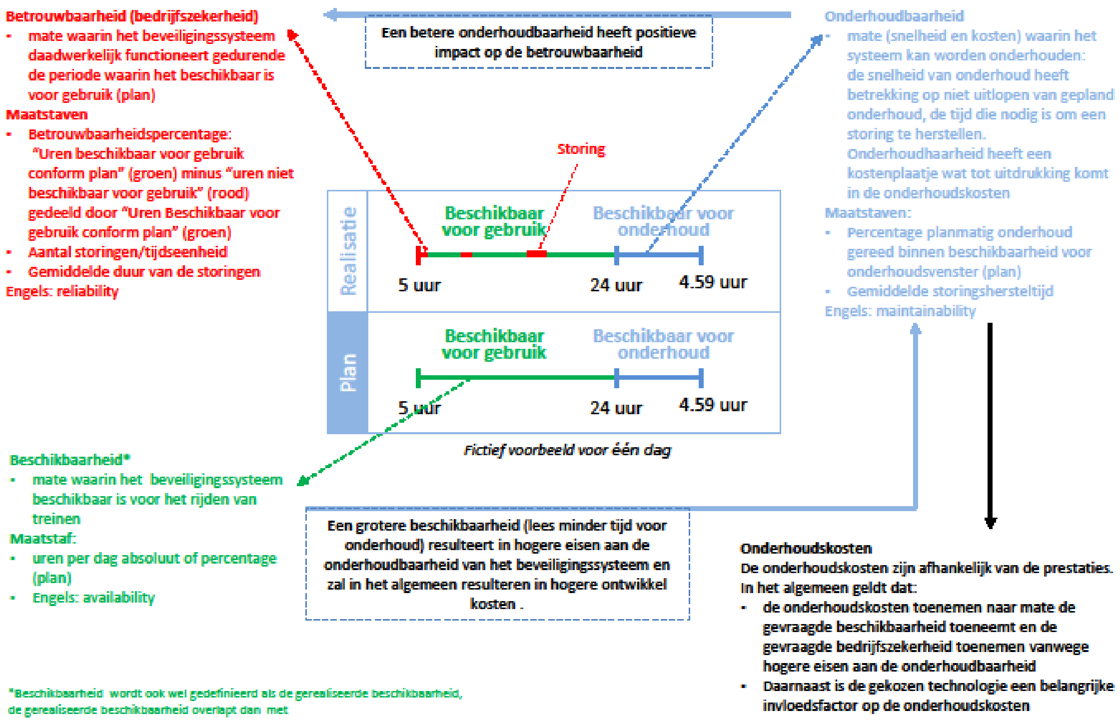
Onderhoudsexpertise

- Aanwezigheid en beschikbaarheid van kennis en expertise van het beveiligingssysteem. De beveiligingssystemen bestaan steeds meer uit ICT systemen en dit vraagt om bijpassende expertise om problemen op te lossen

Diagnose functionaliteit

- De aanwezigheid van diagnosefunctionaliteit in de beveiligingssystemen waarbij de systemen bij disfunctioneren aangeeft waar zicht problemen voordoen (interne dokter)

Definities en afhankelijkheden van beschikbaarheid, betrouwbaarheid en onderhoudbaarheid van een beveiligingssysteem



Karakteristieken van de onderhoudbaarheid van het ERTMS subsysteem voor de verschillende systemen:

Level 1

- Level 1is een gedistribueerd systeem met actieve elementen in de infra zowel buiten het PVR (LEU's) als in het PVR (balises). Daardoor is de onderhoudbaarheid gelijk of lager aan die van het huidige ATB-EG systeem. Bij Level 1 blijven seinen en baangebonden detectie gehandhaafd. De onderhoudbaarheid daarvan blijft gelijk.
  Een defecte balise kan niet door de ERTMS baanapparatuur worden opgemerkt. Dit betekent dat vrijwel altijd een ERTMS trein degene is die het defect zal opmerken[20]. Een defecte balise leidt in Level 1 nagenoeg altijd tot een remingreep van de trein. De machinist meldt vervolgens mondeling de storing aan de VL die op zijn beurt de storingsorganisatie activeert. De storingsorganisatie moet op basis van deze mondelinge melding en z'n vakmanschap ter plaatse gaan analyseren wat de oorzaak van de storing is en de storing vervolgens verhelpen. Het is daarbij mogelijk dat de locatie waarop de machinist de storing heeft opgemerkt, niet noodzakelijkerwijs ook de locatie is waar het gestoorde onderdeel zich bevindt.

Level 2

- Level 2 vereist minder infra-elementen langs de baan omdat de seinen komen te vervallen. Tevens zijn de balises niet meer 'switchable' (vereisen geen kabels). Baangebonden detectie blijft gehandhaafd.
  Een defecte balise wordt door de trein opgemerkt en direct gemeld aan het RBC. In de meeste gevallen zal in Level 2 een defecte balise niet leiden tot een remingreep (de balise bevat namelijk geen Movement Authority informatie). De informatie over de defecte balise is vrijwel onmiddellijk beschikbaar op de onderhoudsterminal van het RBC en kan vervolgens eenvoudig toegankelijk worden gemaakt aan b.v. OBI[21] die de storingsorganisatie met gerichte informatie op pad kan sturen. Het zoeken naar de oorzaak hoeft daarom relatief weinig tijd te kosten. Evenzo geldt dat storingen in de RBC op de onderhoudsterminal worden gemeld waarbij nauwkeurig het onderdeel wordt aangeduid dat moet worden vervangen. Omdat het RBC in zichzelf redundant is zal een enkele storing niet leiden tot het uitvallen van de RBC. Alleen tijdens het herstel van een gestoorde RBC kan een tweede storing tot algehele uitval leiden omdat dan ook de redundante RBC uitvalt. Die kans op optreden is zeer klein terwijl de tijd om de eerste RBC te herstellen kort zal zijn.
  Omdat gedetailleerde informatie beschikbaar is over de aard en locatie van het defect, hoeft er veel minder

[20] er is namelijk geen periodieke handmatige controle van balises voorzien omdat de periodiciteit daarvan vele malen lager is dan de frequentie waarmee de balise door een trein wordt gepasseerd en a.h.w. daardoor wordt "gecontroleerd"
[21] OBI = landelijk Operationeel Besturingscentrum Infra

sterk een beroep te worden gedaan op het vakmanschap van de monteur; diens rol blijft beperkt tot het verwisselen van het defecte onderdeel onder regie van de OBI medewerker. De kans op menselijke fouten neemt daarmee af ende hersteltijd wordt korter.
Verder kan deze hoog kwalitatieve detailinformatie door de systeemmanager worden gebruikt voor performance analyses die leiden tot inzicht waarmee het systeem verder kan worden verbeterd.

- Alle huidige Level 2 implementaties zijn gecombineerd met elektronische interlocking die, zoals bij het RBC, voorzien is van een onderhoudsterminal.
- Level 2 biedt daarom kansen om vanuit de onderhoudbaarheid de beschikbaarheid op een hoger niveau te brengen, waarbij de rol van de storingsorganisatie kan afnemen en er minder specialistisch vakmanschap bij de storingsorganisatie vereist is.
  Onderhoud van de communicatie link van RBC naar EVC via GSM-R is een belangrijk en nieuw aspect. Omdat het een andere soort onderhoud betreft dan de huidige systemen. Dit vraagt meer systeembeheerders dan onderhoudsmonteurs. Dit geldt ook voor ERTMS level 3.

Level 3

- Level 3 biedt gelijke eigenschappen m.b.t. onderhoudbaarheid als level 2 plus het feit dat baangebonden treindetectie grotendeels komt te vervallen.

Algemeen

Met de introductie van ERTMS (ongeacht het level) komt er weer een generatie systemen bij die zijn gebaseerd op ICT technologie. Deze technologie heeft als kenmerk dat het relatief snel evolueert: al na enkele jaren zullen er nieuwe uitvoeringsvormen zijn, o.a. omdat de basiscomponenten niet meer leverbaar zijn. Hier moet bij het inrichten van de onderhoudsprocessen rekening mee worden gehouden.

B.4.a Waar is snelheidsverhoging tot 160 km/h mogelijk

Relatie met doelen	
Hoofddoel	4: Snelheid
Subdoel	4.1: Verhogen maximale baanvaksnelheid tot 160km/h

Definities
• Baanvaksnelheid: de maximale snelheid die op een zeker baanvak gereden mag worden • Code 147: code signaal dat binnen ATB EG thans niet gebruikt wordt en toegewezen zou kunnen worden aan 160 km/h

Omschrijving van het issue

In Nederland geldt een maximum snelheid van 140 km/uur .

De behoefte om de maximum snelheid van 140 km/uur te verhogen naar 160 km/uur in kader van met name reistijdverkorting is een interessante optie. Zeven potentiele trajecten zijn geïdentificeerd, dit zijn:

1. Weesp – Almere Centrum
2. Almere Centrum – Lelystad Centrum
3. Lelystad Centrum – Zwolle
4. Boxtel – Eindhoven
5. Den Haag – Leiden
6. Leiden – Schiphol
7. Amsterdam Bijlmer – Utrecht

Figuur 1 geeft de bovenstaande trajecten grafisch weer. Deze lopen i.h.a. niet door tot op de emplacementen van de genoemde plaatsen.

Figuur 1: locaties waar met beperkte aanpassingen van infrastructuur, energievoorziening en het beveiligingssysteem een maximale snelheid van 160 km/uur mogelijk is.



Om inzicht te krijgen in de voorwaarden voor o.a. de technische realisatie is in 2012 een studie uitgevoerd naar twee alternatieven: code 147 toepassen in het bestaande ATB-EG systeem (de zgn. 'code 147), dan wel ERTMS toepassen [ref. 1 en 2].

Voor het mogelijk maken van snelheden van 160 km/h zijn tevens aanpassingen aan de andere systemen zoals spoor en bovenleiding noodzakelijk; zie hiervoor bovengenoemde studie.

Invloed van beveiligingssystemen op het aspect

Vergelijking van de mogelijkheden inclusief voorwaarden voor snelheidsverhoging voor de verschillende beveiligingssystemen.

	ATB			ERTMS		
	EG	VV	NG	L1	L2	L3
V <= 140 km/h	Mogelijk	nvt	Mogelijk	Mogelijk	Mogelijk	Mogelijk
V <= 160 km/h	Niet mogelijk;	nvt[22]	Mogelijk	Mogelijk	Mogelijk	Mogelijk
V > 160 km/h	Niet mogelijk omdat bij snelheden boven 160 km/h het toepassen van lichtseinen niet meer toegestaan is				Mogelijk	Mogelijk

Referenties

[1] Brief van de Staatssecretaris van infrastructuur en milieu, m.b.t Actieplan snelheidsverhoging en beantwoording van de vraag over de ATB-attentieknop, d.d. 13 juli 2013.

[2] Brief van de Minister van Verkeer en Waterstaat, m.b.t. snelheidsverhoging naar 160 km/u op het bestaande spoorwegnet, d.d. 24 oktober 2008

[22] Indien code 147 wordt toegepast dan hoeft ATB VV niet te worden aangepast omdat deze beschermt tegen passage van een rood sein. Een rood sein kan uitsluitend benaderd worden met een snelheid lager dan 40 km/uur omdat eerst een geel sein gepasseerd moet zijn. Het maakt dus niet uit of voorafgaand aan het gele sein er 140 km/uur wordt gereden zonder code 147 of 160 km/u met code 147. Om die reden geeft de tabel 'n.v.t.'. je kunt ook zeggen dat ATB-VV 'mogelijk' is in combinatie met code 147, wat waar is. Maar verwarring kan wekken omdat het niet relevant is.

B.5.a Betrouwbaarheid baangebonden systemen

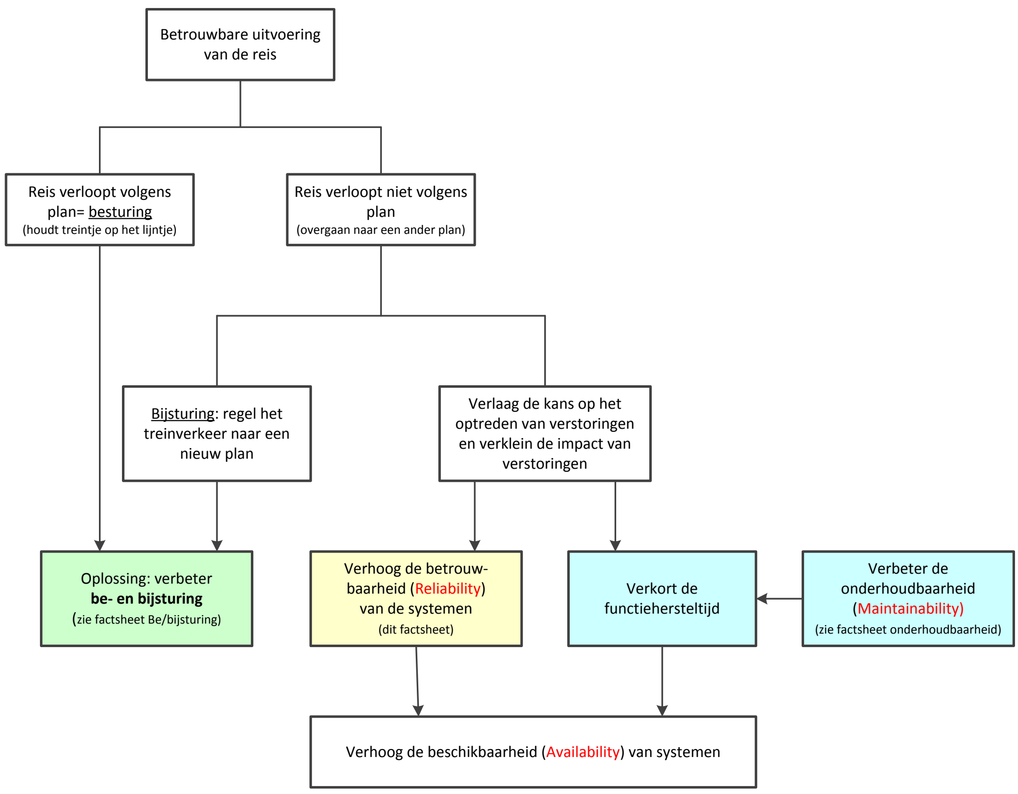
Relatie met doelen	
Hoofddoel	5: Betrouwbaarheid
Subdoel	5.2: Verhoging betrouwbaarheid baangebonden systemen

Definities

In het kader van de ERTMS Railmap wordt de hoofddoelstelling betrouwbaarheid geïnterpreteerd als: **betrouwbaarheid van de reis[23].**

Omdat er verschillende interpretaties van de term ‘betrouwbaarheid’ worden gebruikt en de relatie tot de RAMS aspecten ‘reliability’(betrouwbaarheid van systemen) en availability (beschikbaarheid van systemen) maar ook de relatie tot ‘be- en bijsturing’ niet duidelijk zijn, geeft deze sectie eerst aan hoe deze aspecten in onderlinge relatie worden geplaatst met betrekking tot de onderdelen van het kennisboek.

Figuur 1: samenhang tussen betrouwbaarheid van de reis, be/bijsturing en ‘reliability en availability’ van systemen



23 Lees’ punctualiteit en uitval van de treindiensten

Figuur 2: gedetailleerder samenhang tussen beschikbaarheid, onderhoudbaarheid en betrouwbaarheid



De vier blokken rechtsonder in figuur 1 geven aan dat er een relatie bestaat tussen de beschikbaarheid, betrouwbaarheid en onderhoudbaarheid van de infra, die in figuur 2 nader is toegelicht. Deze sectie behandelt de betrouwbaarheid van de baangebonden onderdelen van het beveiligingssysteem. Voor het reduceren van de kans op storingen en de gevolgen ervan, geldt de volgende redenering:

1. De noodzaak tot bijsturing kan worden teruggedrongen als systemen **minder vaak** als gevolg van storingen uitvallen en als de gevolgen van uitval beperkt blijven. Bijsturing is het instrument om in geval van storingen van systemen de consequenties te beperken en terug te kunnen regelen naar de ongestoorde situatie. Het beperken van storingen van systemen kent meerdere oplossingen die, met name in de architectuur van de technische systemen moeten worden gezocht. Combinaties van deze oplossingen leiden tot een hogere **systeembetrouwbaarheid (reliability)**:
   - Kies voor eenvoudige concepten, uniformiteit, modulaire opbouw, betrouwbare typen systemen, systemen met minder componenten/elementen
   - Kies voor componenten met lage faalkans (FIT-rate = failure in time)
   - Kies voor redundantie waar dat de betrouwbaarheid kosteneffectief verhoogt

2. **Het beperken van de gevolgen** van systeemuitval heeft een directe relatie op de beschikbaarheid (availability). 2.1 Enerzijds gaat het dan om het beperken van de <u>ruimtelijk omvang</u> waarin een storing doorwerkt: is dat een enkele lijn of sectie enz. of een deel van een emplacement of zelfs een heel emplacement.
   - Voorkom 'common mode failures', dat zijn situaties waarbij een enkele storing in een aantal systemen kan doorwerken waardoor het effect ongewenst groot is, bijv door middel van 'segmentering'

2.2 Anderzijds gaat het om het beperken van de tijd dat het systeem niet gebruikt kan worden omdat het nog niet is hersteld, dit heeft een relatie met de onderhoudbaarheid van systeem (zie sectie B.3.c Onderhoudbaarheid infrastructuur. Aspecten die daarbij een rol spelen zijn o.a.:

- Toegankelijkheid: staan er veel elementen langs de baan die lange aanrijdtijd vereisen of zijn ze centraal toegankelijk,
- Kennis van wat er defect is en waar zich het betreffende component bevindt: is dat al op het moment van de storing centraal bekend of moet middels trouble shooting worden ontdekt waar de storing optreedt en wat de oorzaak is,
- Tijd nodig om een defect te repareren: kun je er makkelijk bij of niet (vergelijk: auto waarbij je het motorblok moet verwijderen om bij de versnelling te komen), is vervanging eenvoudig of niet, modulariteit van componenten enz.

In deze sectie wordt verder alleen nader ingegaan op het aspect 'systeembetrouwbaarheid' en de elementen van het beveiligingssysteem die daar grote impact op hebben en de vraag of er een relatie is met het te kiezen ERTMS level.

Omschrijving van de feiten

Systeembetrouwbaarheid

Hieronder worden achtereenvolgens beschreven:

- een potentiele mogelijkheid om de betrouwbaarheid van het beveiligingsysteem te verbeteren
- de systeembetrouwbaarheid van ERTMS (infra plus materieel)
- betrouwbaarheidsaspecten van ERTMS level 1, 2 en 3

Assentellers presteren beter dan GRS spoorstroomlopen

De huidige treindetectie door GRS spoorstroomlopen draagt in belangrijke mate bij aan de totale onbeschikbaarheid. Bij het huidige systeem is het ATB-EG systeem technisch geïntegreerd met de spoorstroomlopen voor detectie. Bij invoering van ERTMS (only) komt het ATB systeem te vervallen waardoor ook afscheid genomen kan worden van het GRS spoorstroomlopen systeem. Het maakt daarbij geen verschil uit of level 1, 2 of 3 wordt gekozen.
Er zijn meerdere opties als alternatief voor GRS-Spoorstroomlopen als baangebonden treindetectie.
Er is in kader van de invoering van Infraconcepten enig onderzoek gedaan naar de impact van het vervangen van ATB door ERTMS (level 2) en GRS spoorstroomlopen door assentellers voor beveiliging van de vrije baan. De vrije baan neemt ongeveer 50% van het spoor in Nederland. In deze sectie wordt die optie nader uitgewerkt. Bij de keuze voor de landelijke vervanging van GRS spoorstroomlopen is het goed op functioneel/prestatie en RAMS niveau eisen te formuleren en samen met de industrie te onderzoeken welke oplossing voor de Nederlandse situatie het meest geschikt is.

Relatie met 'Systeemniveau' en met ERTMS levels

Betrouwbaarheid op Systeemintegratie niveau

De betrouwbaarheid van 'het systeem' is in bovenstaande tekst uitsluitend bekeken voor infra systemen omdat die in eerste instantie onder de verantwoordelijkheid van ProRail vallen. Het aspect systeembetrouwbaarheid dient echter op geïntegreerd trein-infra niveau te worden beschouwd. Het invoeren van ERTMS in materieel kan gevolgen hebben voor het betrouwbaarheidsniveau van het materieelsegment. De keuze van het toe te passen level is voor het treinsegment niet alleen van belang omdat er dan wel of geen GSM-R radio voor de ERTMS data in het materieel aanwezig moet zijn. De level-keuze dient ook m.b.t. het aspect betrouwbaarheid op systeemniveau te worden geanalyseerd. Indien bijvoorbeeld een trein in level 3 ten gevolge van een storing spontaan ophoudt met het doorgeven van zijn positie, dan levert dat een groot probleem op voor het RBC aan walzijde. Zo kan een storing in materieel bij toepassing van zuiver level 3 (dus zonder baangebonden detectie) gevolgen hebben voor treinverkeer in een veel groter gebied dan momenteel het geval is of onder level 1 en 2. In onderstaande paragraaf wordt apart ingegaan op de verschillen tussen de levels voor wat betreft het walsegment.

Betrouwbaarheid van walsegment m.b.t. ERTMS levels
Level1: naast de huidige systemen in de baan komt er per sein een LEU en switchable balise bij. Detectie vereist componenten in het PVR. Seinen en treindetectie veranderen niet, alleen ATB vervalt waardoor de faalkans nauwelijks afneemt. Level 1 is gebaseerd op een gedecentraliseerde architectuur, waardoor aanrijdtijden even lang blijven als onder ATB-EG en er is geen centrale interlocking die preventief onderhoud mogelijk maakt.
Level 2: seinen en ATB vervallen waardoor faalkans nauwelijks afneemt. Treindetectie blijkt gelijk. Vaste balises komen erbij maar die hebben lage faalkans. GSM-R wordt toegevoegd wat faalkans kan vergroten. Door centrale architectuur kan functiehersteltijd afnemen en wordt preventief onderhoud mogelijk.
Level 3 vrijwel identiek aan level 2 maar nu vervalt ook treindetectie in de baan waardoor de faalkans flink afneemt.